

## **Développement de l'utilisation du Pinus calédonien dans les marchés publics de construction**

-----  
***Rapport de la mission effectuée en Nouvelle-Calédonie  
du 12 au 18 avril 2015 par Jean Gérard et Patrick Langbour***

Réalisé pour et à la demande de :

Etablissement de Régulation des Prix Agricoles (ERPA)

30 Route de la baie des Dames

BP 27820 - 98 863 NOUMEA CEDEX

Tél : (+687) 26 09 60 Fax : (+687) 24 12 52

Mail : [contact@erpa.nc](mailto:contact@erpa.nc)



**CIRAD**

**U.R. Biomasse, Bois, Energie, Bioproduits (BioWooEB)**

**Jean Gérard, Patrick Langbour**

TA B-114/16, 73 rue J.F. Breton

34398 Montpellier

téléphone fixe : + 33 4 67 61 65 16

fax : +33 4 67 61 65 60

## SOMMAIRE

<b>1. Rappel des objectifs .....</b>	<b>1</b>
--------------------------------------	----------

<b>2. Organisation des formations .....</b>	<b>1</b>
---	----------

Annexe 1 : Contenu et planning de la mission

Annexe 2 : Compte-rendu de la réunion d'information du 13 avril

Annexe 3 : Diaporama de la formation au classement

Annexe 4 : Diaporama de la formation au séchage

## 1. Rappel des objectifs

Le développement de la filière Pinus en Nouvelle-Calédonie et la montée en puissance de la transformation et de l'utilisation de cette essence sont assujettis :

1. A la mise en place de procédures de classement des bois sciés en scierie, et au contrôle - qualité de ces produits, ceci afin de répondre aux exigences des utilisateurs de Pinus liées à leurs contraintes de fabrication selon les destinations des produits.
2. Au développement du séchage artificiel des bois sciés pour (i) réduire la durée de stockage des bois et les frais financiers correspondants, (ii) garantir aux utilisateurs la fourniture de bois à un taux de siccité donné.

Lors de l'étude conduite sur le Pinus de 2003 à 2005, un besoin en formation avait été identifié dans ces deux domaines. Ce besoin a été confirmé par les producteurs de sciages de Pinus lors de la mission d'octobre 2013 en Nouvelle-Calédonie.

La mission en Nouvelle-Calédonie du 12 au 18 avril 2015 a été consacrée aux formations en elles-mêmes ainsi qu'à la préparation des essais de vieillissement (voir planning en annexe 1). La mise en place des essais est détaillée dans le rapport de la mission de juin 2015.

La mission a été initiée par une réunion générale d'information des parties prenantes (annexe 2).

## 2. Organisation des formations

Ces formations ont été organisées en avril 2015 (1<sup>ère</sup> mission de l'année, 2<sup>ème</sup> mission du projet), sous forme de deux sessions de deux journées.

17 participants ont assisté à ces formations, issus des entreprises et établissements suivants des deux Provinces Nord et Sud : DDEE, SEFCA, Maison du Rondin, SEFPM, Sud-Forêt, ERPA.

Chacune des deux formation au classement, dispensée par Patrick Langbour, et au séchage, dispensée par Jean Gérard, s'est déroulée suivant le schéma suivant :

- ✓ Une demi-journée en salle : à Koné pour les formations « Province Nord », à la Foa pour les formations « Province Sud ».
- ✓ Une demi-journée d'application pratique sur le terrain : à la SEFCA pour les formations « Province Nord », à la SEFPM pour les formations « Province Sud ».

<b>Contenu de la formation au classement :</b>	<b>Contenu de la formation au séchage :</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Terminologie</li> <li>* Principes du classement</li> <li>* Règles de classement visuel pour les bois de structure <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Défauts à prendre en compte</li> <li>→ Evaluation et mesure</li> </ul> </li> <li>* Application (scierie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Connaissances de base</li> <li>* Les méthodes et les procédés (du traditionnel aux technologies émergentes)</li> <li>* Pratique du séchage</li> <li>* Aspects économiques</li> <li>* Application (scierie)</li> </ul>

Le détail de la présentation du contenu des formations et le contenu en lui-même sont donnés en annexe 3 et 4 : diaporamas présentés durant les 2 formations.



**Formation pratique au séchage à la SEFCA**



**Formation pratique au séchage à la SEFPM**

# Annexe 1

DRAFT Planning mission 2 CIRAD  
Missionnaires 1 & 2 : M1 & M2

Samedi 11-avr	Dimanche 12-avr	Lundi 13-avr	Mardi 14-avr	Mercredi 15-avr		Jeudi 16-avr		Vendredi 17-avr		Samedi 18-avr
		Nouméa M1 & M2 & partenaires	Nouméa M1 & M2 + JB	La Foa / M1	Koné / M2	La Foa / M2	Koné / M1+JB	Nouméa / M2	Netchaot / M1 + JB	Bourail
		8:00 ERPA + démarches pratiques (téléphone)	Préparation des lots de pieces à tester  Départ Bourail	07:30 Formation classement des bois sciés en salle Groupe 1	07:30:00 Formation séchage en salle Groupe 2	07:30 Formation séchage Groupe 1	07:30 Formation classement des bois sciés en salle Groupe 2	Installation essai de champ, durabilité, vieillissement naturel sur site de Sud Forêt	Installation essai de champ, durabilité	Débriefing
		9: 00 réunion d'information étude et missions 2&3 : partenaires (Sud Forêt, PN, Grappe, ERPA), importateurs grossistes, bureaux de contrôle								
		10h30 reunion technique (partenaires) : dispositif de mesure d'élasticité lieu & modalité / échantillonnage à tester (mission à venir)								
		Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	
			Bourail M1 & M2	SEFPM / M1 + JB	Netchaot / M2	SEFPM / M2	Netchaot / M1 + JB	Nouméa / M2+JB	Bourail	
arrivée Tontouta à 23h / voiture de location / récupération des missionnaires par JB	fin d'après-mid : Echanges avec JB	13:30 H. Georgelin (système normatif calédonien)  14:30 rdv LBTP M. Morlon	Départ Bourail	13:30 Formation classement des bois sciés sur site Groupe 1	13:30:00 Formation séchage sur site Groupe 2	13:30 Formation séchage sur site Groupe 1	13:30 Formation classement des bois sciés sur site Groupe 2	Suite + dispositif vibratoire (?)	route retour Nouméa	
Hotal Ducos Centre	Hotel Ducos Centre	Hotel Ducos Centre	Hotel Bourail M1 & M2	Hotel Bourail M1 & M2 + JB		Hotel Nouméa M2 / Koné M1 + JB		Hotel Nouméa M1 & M2		samedi à dimanche

M1 & M2 : véhicule + pièces de bois pour Maison du rondin

M1: 1 véhicule pour La Foa

M2 : avec C. Saugère à Koné

JB charge pièces de bois pour Netchaot arrivée à Netchaot 16h

M2 : 1 véhicule pour La Foa-retour Nouméa

M1 : avec JB véhicule





## Relevé de conclusions

**Annexe 2**

Réunion d'information :  
Etude pinus local

Date : 13/04/15  
Lieu : ERPA  
Heure : 9h00

N° 3395/2015- 04-099 ERPA du 21 AVR. 2015

### LISTE DES PARTICIPANTS

Membres présents	Didier VERNAY - Les Bois du Pacifique Serge DARMIZIN & Adrien COLOT - Bois et Développement Francesca PAAGALUA & Charly CUGOLA - MATERIAUX CENTER / ARBOR Pascal ARRIGHI - ACGM Van Duong DANG - DDEE province Nord Ricardo PINILLA-RODRIGUEZ - Sud Forêt Jean GERARD & Patrick LANGBOUR - CIRAD Laure VIRAPIN & Julien BARBIER - ERPA
Absents excusés	Didier DANION - OCTANT , Nathalie VAN RYSWYCK - ALL WOODS, Patrick LAMBERT - SCET

Mme VIRAPIN remercie toutes les personnes présentes d'avoir fait le déplacement. Elle rappelle que la mission du CIRAD débute aujourd'hui et qu'il était important d'informer les intervenants de la filière des différentes phases de cette mission.

M. BARBIER ajoute qu'il s'agit d'un point d'étape et de situation pour l'étude à but de normalisation du pinus calédonien engagée depuis plusieurs années déjà. Il y a eu un laps de temps important entre les différentes missions réalisées. Celle en cours va se consacrer à une formation pour le séchage et le classement des bois. Une autre se déroulera vers les mois de mai et juin, puis une dernière mi-juillet qui sera consacrée à la restitution du travail engagé.

M. GERARD indique que cette formation de séchage et de classement est primordiale pour valoriser au mieux le bois. Il insiste sur le fait que les formations soient participatives puisqu'il y aura un public varié. La théorie sera présentée en salle puis la pratique sera réalisée dans les scieries de NETCHAOT et MATHIEU. C'est monsieur LANGBOUR qui assurera la formation de la prochaine mission sur laquelle il sera possible de s'adapter en fonction des demandes. Il précise que des essais mécaniques pourront être réalisés sur les bois locaux mais aussi sur les bois d'importation. Ainsi un comparatif pourra être réalisé.

M. BARBIER rappelle que l'objectif initial de la mission du CIRAD était d'obtenir un référentiel technique sur le pinus local. Un référent normatif calédonien devrait prochainement être mis en place et c'est dans ce cadre-ci que le dossier technique exhaustif sur le pinus caribea calédonien sera porté. La première mission consistait à récolter les données existantes sur le terrain. Sur cette semaine, outre les sessions de formation programmée, il s'agira aussi de mettre en place les essais de vieillissement et de durabilité sur les bois locaux & d'importation. L'opportunité et la faisabilité de conduire des tests d'élasticité et de rupture, sur le pinus local mais aussi sur du pinus radiata d'importation, seront évaluées par ailleurs. De plus, selon la demande, lors de la prochaine mission du CIRAD, une formation sur le classement visuel des bois sera conduite à destination des distributeurs et utilisateurs.

M. LANGBOUR précise que les tests de vieillissement demandent du temps, puisqu'à priori on ne connaît pas le comportement des produits dans le temps.

M. BARBIER précise que les tests devront faire l'objet d'un suivi et il sera nécessaire de savoir qui assure ce suivi et selon quel protocole.

Mme VIRAPIN demande s'il y a des attentes particulières, notamment de la part du secteur privé.

M. VERNAY déclare que le choix d'associer en second temps les distributeurs est judicieux. Il souhaiterait que des essais sur le vieillissement soient également réalisés sur le pin sylvestre. En effet, cette essence est de plus en plus présente dans les importations. Le marché a évolué depuis la dernière mission.

M. LANGBOUR informe que le schéma établit pour la mission était à titre indicatif, les tests peuvent être multipliés et les types de produits à tester adaptés.

M. ARRIGHI souhaiterait que ces tests soient réalisés sur tous les pinus utilisés localement.

M. GERARD indique qu'une liste de produits avait été établie en 2013 mais que celle-ci peut tout à fait être modifiée en fonction des besoins et attentes des différents opérateurs.

M. BARBIER ajoute que des pièces de bois ont déjà été mises de côté pour les tests par les scieurs locaux. De plus, le 14/04/15 au matin, il est prévu de rencontrer les fournisseurs des pièces de bois d'importation à tester et avec eux de les faire évoluer. La liste des pièces à fournir sera alors revue pour coller au mieux avec les standards du marché actuel.

M. GERARD explique qu'il est primordial d'indiquer la date d'installation des bois.

M. LANGBOUR informe qu'en Guyane, 8 jours ont suffi pour que des termites apparaissent sur certaines essences. Les tests peuvent donc être très rapides.

M. VERNAY rappelle que les scieries utilisent le séchage à l'air libre. Il demande si une formation sera pratiquée pour le séchage artificiel.

M. BARBIER indique que la seule scierie équipée en séchoir artificiel est la scierie BARBOU. Il est donc difficile de réaliser une formation sur un seul type de machine. Il est clair que dans l'idéal, la profession devrait s'équiper mais pour le moment, il va falloir faire avec ce qui existe sur le terrain. Toutefois, les sessions de formation sur le séchage comporteront une large partie consacrée au séchage artificiel. Des arguments techniques et économiques seront alors communiqués aux scieurs.

M. LANGBOUR précise qu'il s'agit d'un investissement conséquent mais qu'il peut très bien être géré de manière collective. Pour cela, il faut une organisation minutieuse. De plus, l'énergie représente un poste important pour ce genre d'équipement.

M. GERARD ajoute que la formation portera sur les règles de bases applicables pour le séchage naturel et artificiel. Le problème de la Nouvelle-Calédonie, qui a une production importante de rondins, est qu'elle est très bien équipée en traitement mais pas en séchage. La formation indiquera également les critères de choix pour l'achat d'un séchoir.

M. CUGOLA souligne qu'un traitement n'est pas efficace sur un bois qui n'est pas assez sec. Il indique que le bois de la scierie BARBOU est propre mais il ne sait pas si tous les bois sont séchés artificiellement.

M. BARBIER précise que la chaudière de la SCIERIE BARBOU est alimentée en bois. Il confirme que le séchage est une étape importante et que le cahier des charges doit en tenir compte. Il indique également que les aides à l'investissement sont portées par les provinces.

M. VERNAY suggère que les séchoirs pourraient être valorisés par un système de prestation service.

M. GERARD signale que la formation sur le séchage permettra de savoir bien empiler les bois, contrôler l'humidité, vérifier les dimensions... Concernant le classement visuel (utilisations différentes des bois), 3 choix avaient été préconisés à l'époque et validés par les parties prenantes, mais il apparaît aujourd'hui que ce nombre est trop élevé. Il ajoute qu'un bois déclassé peut très bien être découpé et trouver une autre utilisation (palette, menuiserie).

M. LANGBOUR indique que le classement permet de valoriser la qualité. Il existe des critères de mesures pour déterminer celle-ci. Mais, l'expérience montre que plus il y a de classes, plus c'est compliqué pour le scieur de gérer les stocks et de mettre en avant la qualité. Il serait plus sage de minimiser le nombre de classes. En France, il existe 4 classes pour les pins auxquelles s'ajoute le rebut. Ce qui revient à devoir traiter 5 tas de bois différents. C'est très lourd pour les entreprises. On pourrait rester sur 3 choix : la menuiserie, la structure et le bas de la chaîne. Chaque pays européen a son propre système de classement visuel pour les bois de structure, l'Espagne en compte 2 pour les pinus, mais il n'existe qu'une seule norme de classement mécanique pour toute l'Europe. Ca amène quelques fois à des situations très curieuses.

M. DANG s'inquiète de l'absence des scieurs qui sont les premiers concernés par cette étape de classement. En effet, si on met en place une seule classe et que le reste est au rebut, économiquement, ce n'est pas viable pour eux. Il serait peut-être judicieux de créer 2 classes pour la structure.

M. BARBIER répond que monsieur MATHIEU est actuellement absent du territoire, monsieur SAUGERE est hospitalisé, madame BARBOU n'est pas disponible et qu'il ne souhaitait pas imposer à monsieur SECHET de faire des kilomètres de route pour une heure de réunion alors qu'il allait suivre la formation dans quelques jours. Il précise que le but du classement n'est pas de mettre au rebut 80% de la production, mais bien de valoriser cette production.

M. LANGBOUR rappelle que les bois déclassés pour les structures peuvent être utilisés autrement et plus il y a de manutention et d'opération, plus la valeur du bois augmente. Il faut mettre le seuil de la classification au bon endroit. Le choix du classement est visuel mais doit aussi respecter les normes en vigueur.

M. GERARD ajoute qu'au-delà du choix de la classe, le scieur sait qu'il pourra écouler son bois avec tel client qui accepte tel défaut et tel autre qui en accepte un autre.

M. VERNAY souhaite que le seuil de la classe ne soit pas non-plus trop bas car il s'agit de bois de structure, une fois que tout est en place, il est difficile de tout démonter.

M. BARBIER indique qu'il existera alors un référentiel technique, un contrôle qualité et une traçabilité qui permettra d'assurer aux utilisateurs un produit de qualité.  
Il demande si d'autres critères sont à retenir ?

M. CUGOLA souhaite que la qualité soit stable. Car il fut un temps, où les colis devaient être triés un par un. On ne pouvait récupérer que 2 ou 3 bois sur une palette livrée.

M. LANGBOUR demande d'où proviennent les pins sylvestre importés en Nouvelle-Calédonie.

M. DARMIZIN répond qu'il importe de forêts certifiées dans le Nord de l'Europe

M. VERNAY indique que cette essence représente 40 % du marché en bois de charpente.

M. DANG demande les statistiques sur les importations de pin sylvestre.

M. BARBIER les communiquera ultérieurement. Mais il précise qu'une demande a été faite au service des douanes pour avoir un regard très précis sur les différentes importations pour que la démarche engagée pour la certification des bois locaux soit alimentée du plus d'informations possibles.

On travaille beaucoup sur la charpente & la structure, les rondins mais qu'en est-il des pieux battus ?



M. ARRIGHI déclare que leurs pieux, qu'il utilise, sont certifiés aux normes néo-zélandaises et qu'ils ont une traçabilité du produit avec une garantie de 50 ans. Le pinus peut être utilisé mais il faut arriver aux mêmes garanties. En France, les pieux battus sont en cours de certification, ils sont réintroduits dans les normes géotechniques car ils doivent reproduire à l'identique certains ponts ou lignes de chemin de fer. Ils avaient arrêté ce procédé car il manquait de chêne. Aujourd'hui, ils ont trouvé un produit de substitution mais il est nécessaire de réaliser un bon traitement. En Nouvelle-Zélande, un battage sous la nappe phréatique est réalisé. Ce n'est pas réalisable chez nous mais ça montre les possibilités.

M. DARMIZIN déclare qu'un milieu inondable est plus favorable à la tenue dans le temps. Il indique que l'acide borique est utilisé comme traitement en Nouvelle-Zélande et que le CCA est interdit en France et risque de l'être également en Nouvelle-Calédonie. Or pour être certain de la qualité, il faut absolument que le pieu soit traité avec du CCA, d'autant qu'en sol argileux, ça tient très bien. Il note que des R+2 ont été construits en Nouvelle-Calédonie.

M. LANGBOUR indique que les pays anglo-saxons construisent des immeubles en bois, ils sont beaucoup moins « frileux » que les français.

M. GERARD déclare que si la Nouvelle-Calédonie se dote de normes, ce n'est pas pour calquer celles de l'Europe mais s'en inspirer en les simplifiant et en les rendant plus facilement applicables.

M. DARMIZIN alerte sur un nouvel arrêté du gouvernement qui se base sur l'Eurocode qui prévoit 32 m/s soit 230 km/h pour le calcul de résistance de la structure. Le comité technique d'évaluation doit reprendre point par point les normes pour le bois local mais aussi l'import dans la zone. Ainsi, on pourra limiter les importations de Chine et autres pays douteux.

M. PINILLA-RODRIGUEZ indique qu'il y a un gros souci de termites et que les traitements de préservation doivent être adaptés.

M. COLLOT signale que le texte qui régle le CCA précise le cadre de mise en œuvre du produit qui est l'interdiction de tout contact avec le public. Ce n'est pas tant le produit que les conditions de sa mise en œuvre dont il s'agit.

M. DARMIZIN rétorque que la DIMENC est intraitable avec les ICPE suivi par la Direction de l'Environnement maintenant. D'ailleurs, deux inspecteurs généraux ont préconisé d'être plus vigilants sur les demandes car elles deviennent trop contraignantes pour les entreprises calédoniennes.

M. DANG rappelle que la DIMENC est une direction du gouvernement de la Nouvelle-Calédonie. Elle suivra donc les normes calédoniennes une fois qu'elles seront établies.

MM. ARRIGHI et VERNAY demandent s'il serait possible d'avoir les dates de la formation prévue pour les distributeurs afin qu'ils puissent caler leur agenda.

MM. GERARD & LANGBOUR acquiescent.

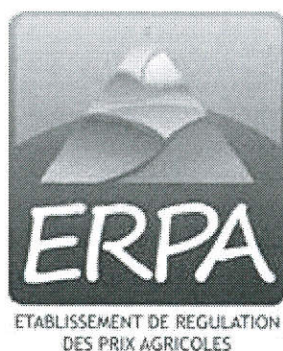
M. BARBIER indique que d'ici la fin de semaine le planning de la prochaine mission sera calé. Par ailleurs, la semaine étant déjà très chargée, il ne sera pas possible de réaliser un débriefing à la fin de cette mission mais qu'il sera effectué à la prochaine visite.

M. GERARD ajoute qu'un rapport sera transmis.

M. VIRAPIN lève la séance à 10h10 et remercie les participants de cette réunion.

La directrice de l'ERPA  
Laure VIRAPIN





**FEUILLE DE PRESENCE**

**Réunion d'information :**  
**Etude pinus local**

**du 13 avril 2015 à 9h00 à l'ERPA**

ORGANISME	PRENOM - NOM	SIGNATURE
LES BOIS DU PACIFIQUE	DIDIER VERNAY DG	
CIRAD	Jean GERARD	
CIRAD	Patrick LANG-BOUR	
Bois et DEVELOPPEMENT	Serge DARNIZIN	
DFEE / Proins Mod	Van Duong DANG	
Bois et Développement	Adrien COLLOT	
Sud Forêt	Picardo Pinilla Rodriguez	
MATERIAUX CENTER	CHARLY CUGOLA	
ARBOR Materiaux Center	Francesca PAAGALUA	
ERPA	Laura VIRAPIN	
ERPA	Julie BARBIEN	
ACGM	Pascal ARRIGHI	



## Annexe 3

# Classement visuel des Sciages de Résineux : cas des bois de structure en *Pinus caribaea*



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 1

- ✓ Un peu de vocabulaire
- ✓ Classements des bois
- ✓ Règles de classement visuel  
pour les bois de structure.
  - Défauts à prendre en compte
  - Évaluation et mesure
- ✓ Application (scierie)

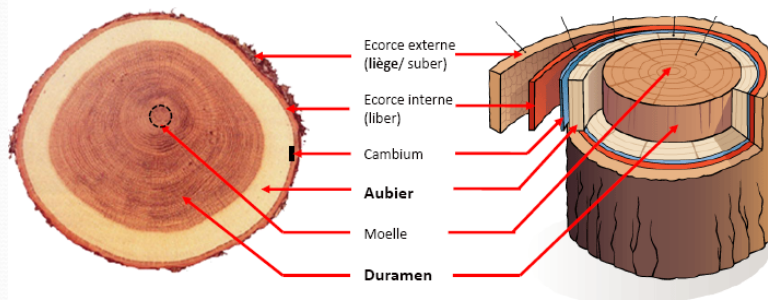


Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 2

## Vocabulaire

Le bois est composé de l'**aubier** et du **duramen** (= bois de cœur).

Coupe transversale



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 **3**

## Vocabulaire



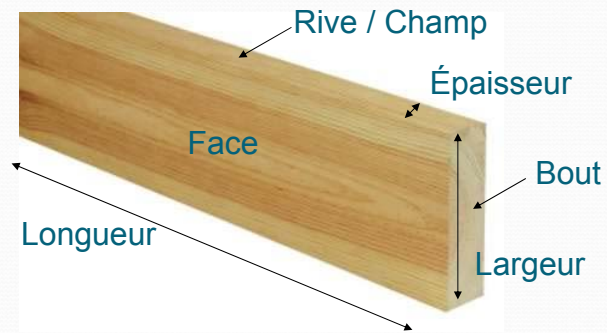
Vue de grumes pins et douglas :  
aubier visible ou non visible



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 **4**



## Vocabulaire



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 5

## Vocabulaire

Dosse



Quartier



Faux- quartier



Plein cœur



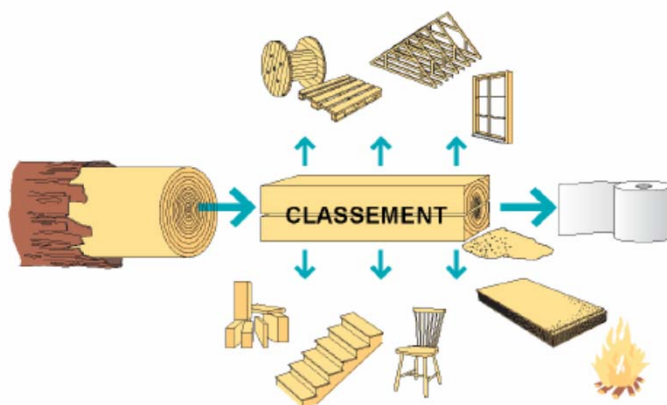
Cerne



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 6

## Classements des bois

Différentes utilisations : des exigences différentes



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 7

## Classements des sciages

Les classements permettent de trier les sciages en fonction de critères liés à leur utilisation finale. Ils déterminent des choix ou des qualités.



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 8

## Classements d'aspect des sciages

Classements réalisés selon des critères d'esthétique :  
présence ou absences de singularités (ou défauts)



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 9

## ✓ Intérêt de classer les sciages pour la structure

- Demande des clients : lots réguliers en qualité  
(nombre de défauts, types de défauts, dimensions, )
- Demande réglementaire  
(référentiel normatif construction bois)
- Mieux valoriser sa production  
(prix différents selon les choix)



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 10



## Règles générales du classement visuel

Identification et mesure de  
différents critères qualitatifs

- Nœuds
  - Fentes
  - Poches de résine
  - Entre écorce
  - Pente de fil
  - Flache
  - Altérations biologiques
  - Déformations : face, rive, gauchissement
  - Largeur de cernes
- (Méthodes de mesures = normes NF 1310 juin 1997)



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 11

## Exemples de fiche de critères (Douglas)

Extrait NF B 52001

Tableau 2 — Critères de classement visuel du Douglas

CLASSES	ST-I <sup>d)</sup>		ST-II		ST-III	
CRITÈRES						
Largeur des cernes d'accroissement (mm)	≤ 6	≤ 8	≤ 6	≤ 10	≤ 8	≤ 12
Section	≤ 18 000 mm <sup>2</sup>	> 18 000 mm <sup>2</sup>	≤ 18 000 mm <sup>2</sup>	> 18 000 mm <sup>2</sup>	≤ 18 000 mm <sup>2</sup>	> 18 000 mm <sup>2</sup>
Diamètre des nœuds						
— sur la face <sup>a)</sup>	Ø ≤ 30 mm et Ø ≤ 1/6 de l	Ø ≤ 40 mm et Ø ≤ 1/6 de l	Ø ≤ 50 mm et Ø ≤ 1/2 de l	Ø ≤ 70 mm et Ø ≤ 1/2 de l	Ø ≤ 100 mm et Ø ≤ 3/4 de l	Ø ≤ 130 mm et Ø ≤ 3/4 de l
— sur la rive <sup>b)</sup>	Ø ≤ 40 mm et Ø ≤ 2/3 de e	Ø ≤ 80 mm et Ø ≤ 2/3 de e	Ø ≤ 40 mm et Ø ≤ 2/3 de e	Ø ≤ 80 mm et Ø ≤ 2/3 de e	Ø ≤ 40 mm et Ø ≤ 2/3 de e	Ø ≤ 80 mm et Ø ≤ 2/3 de e
Fentes <sup>c) e)</sup>						
— traversantes	longueur ≤ deux fois la largeur de la pièce				longueur ≤ 600 mm	
— non traversantes	longueur ≤ moitié de la longueur de la pièce				non limitée	
Grosse poche de résine	non admise		admise si < 80 mm			
Entre-écorce	non admise					
Pente de fil (en fraction)						
— locale	1:10				1:4	
— générale	1:14				1:6	
Flaches						
— longueur	non admises		< 1/3 de la longueur de la pièce et < 100 cm			
— largeur			< 1/3 de l'épaisseur de la rive			



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 12



## Règles de classement visuel pour les sciages de Pinus.

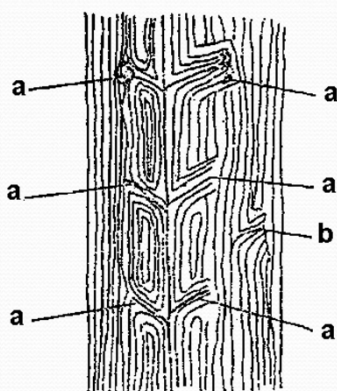
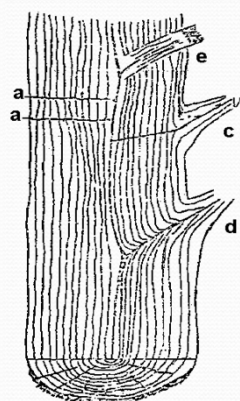
- ✓Défauts à prendre en compte
- ✓Évaluation et mesure



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 13

## Les nœuds = traces des branches

Élagage pour limiter leur présence



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 14

## Les nœuds (face ou rive)

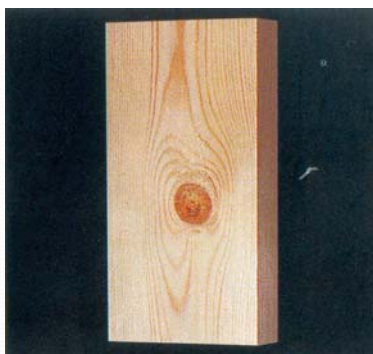
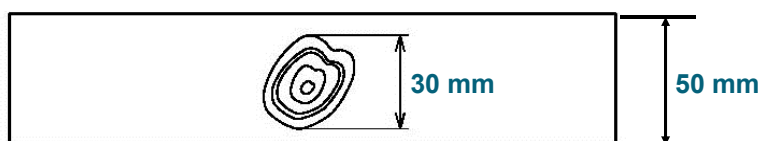
L'importance des nœuds est liée à leur dimension, leur position et leur forme.

Les dimensions sont indiquées en mm ou en pourcentage (rapport à la dimension de la surface sur laquelle le nœud apparaît).



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 15

## Nœuds ronds



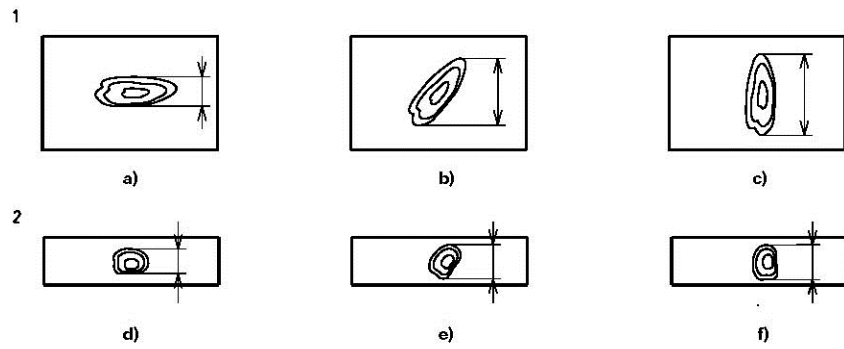
Diamètre nœud = 30 mm  
Largeur pièce = 50 mm

Proportion du nœud  
 $30/50 = 60\%$



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 16

## Nœuds ovales



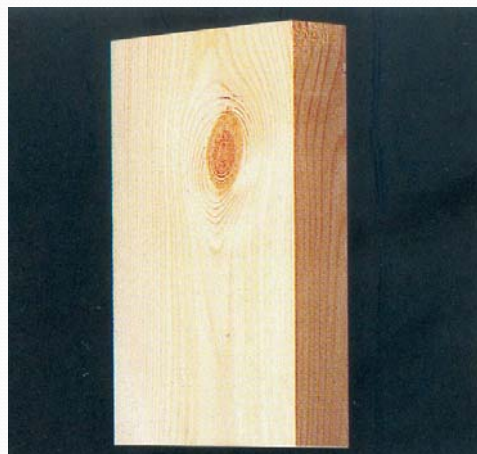
- 1 Sur les faces
- 2 Sur les rives

Figure 8 : Nœud ovale



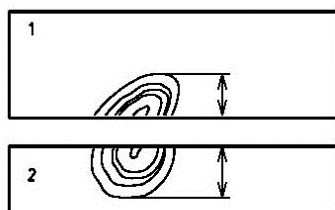
Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 17

## Nœuds ovales

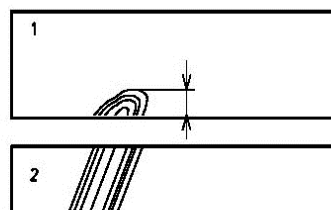


Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 18

## Nœuds d'arête



a) Nœud A



b) Nœud B

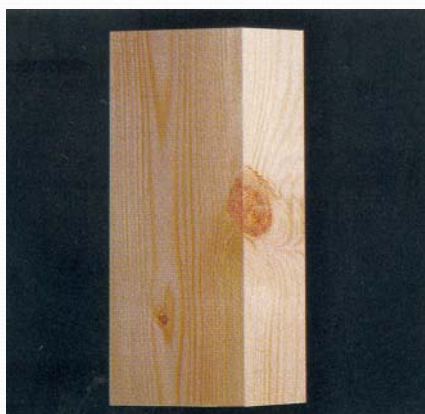
- 1 Sur les faces
- 2 Sur les rives (Nœud B : non mesuré, noter sa présence)

Figure 9 : Nœud d'arête



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 19

## Nœud d'arête



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 20



## Nœuds d'arête

Mesure sur la face uniquement



Mesure sur la face et la rive



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 21

## Nœuds plats (nœuds moustaches)

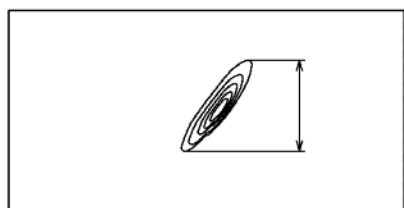


Figure 10 : Nœud plat



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 22

## Nœuds tranchants

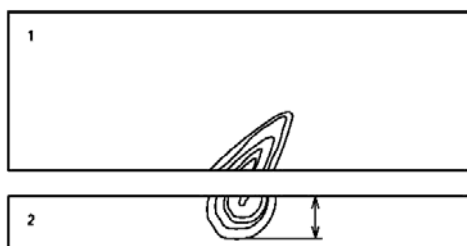
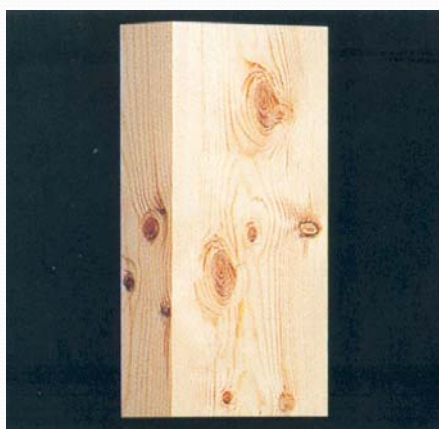


Figure 11 : Nœud tranchant



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 23

## Nœuds groupés



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 24

## Nœuds groupés

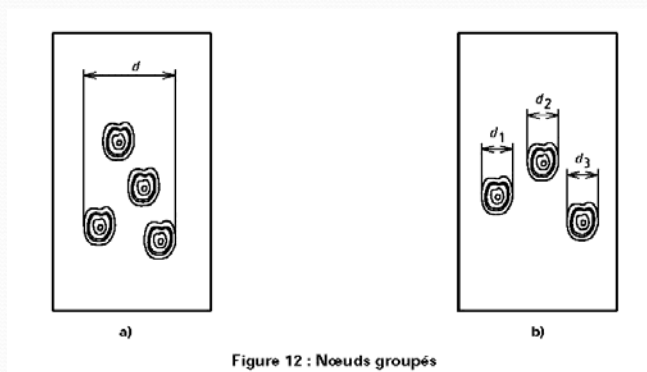


Figure 12 : Nœuds groupés

Les nœuds sont mesurés sur la face où ils sont coupés transversalement. On mesure les diamètres de manière groupée ou individuellement.

La valeur la plus faible est retenue.



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015

25

## Nœuds groupés



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015

26

## Dimensions admises des nœuds

Critères de sélection : le diamètre des nœuds

<b>Nœuds de face sains</b>	$\varnothing \leq 60 \text{ mm}$ et $\varnothing \leq \frac{1}{2}$ largeur de la pièce
<b>Nœuds de rive sains</b>	$\varnothing \leq 30 \text{ mm}$ et $\varnothing \leq \frac{1}{2}$ épaisseur de la pièce
<b>Nœuds de face pourris</b>	$\varnothing \leq 30 \text{ mm}$ et $\varnothing \leq \frac{1}{2}$ largeur de la pièce
<b>Nœuds de rive Pourris</b>	$\varnothing \leq 20 \text{ mm}$ et $\varnothing \leq \frac{1}{2}$ largeur de la pièce

Nœud associé à entre écorce : non admis

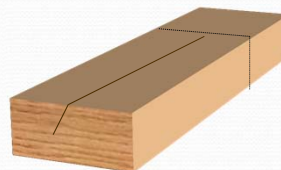


Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 27

## Fentes

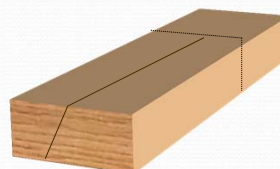
### Fente non traversante

$\leq 15\%$  de la longueur de la pièce  
si  $L = 4 \text{ m}$  : long. fente  $\leq 60 \text{ cm}$



### Fente traversante

Longueur  $\leq 2$  fois la largeur  
Si  $l = 150 \text{ mm}$  : long. fente  $\leq 30 \text{ cm}$



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 28



## Fentes

Les fentes sont mesurées en déterminant la distance entre deux lignes perpendiculaires à l'axe longitudinal de la pièce et passant par les extrémités de la fente.

Dans le cas de fentes groupées, mesurer la longueur totale du groupement.

Si plusieurs fentes ou groupes de fentes existent, totaliser leurs longueurs.

Exprimer le résultat en millimètres ou en pourcentage de la longueur de la pièce



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 29

## Poches de résines



Les poches de résines ou les zones de résines sont admises selon leur taille.

Faire la somme des longueurs s'il y a plusieurs poches.

Longueur des poches  
 $\leq 50\text{mm/m}$



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 30

## Résine associée au bois de réaction

entraîne des déformations importantes au séchage



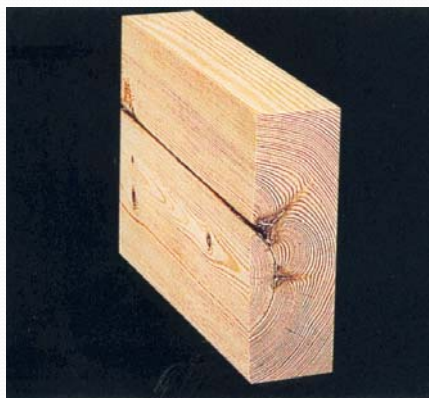
- Le bois de réaction est accepté sur les  $\frac{3}{4}$  de la largeur ou de l'épaisseur sur une longueur maxi de 1 mètre.
- Le bois de réaction traversant est exclu
- Toutefois, des bandes étroites (inférieures ou égales à  $\frac{1}{10}$ ème de la largeur) sont acceptées sur toute la longueur.



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 31

## Fente particulière : la roulure

La roulure est une fente qui suit un cerne d'accroissement  
Présence non admise dans la pièce de structure



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 32

## Entre écorce

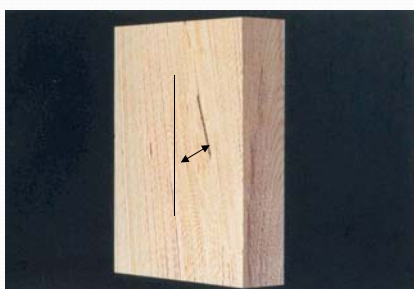
Non admis en pièce de structure



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 33

## Pente de fil

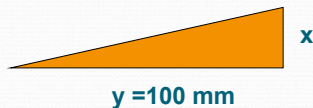
Déviation du fil par rapport à l'axe principal de la pièce  
( sur la longueur) / déviation globale ou locale



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 34



## Pente de fil

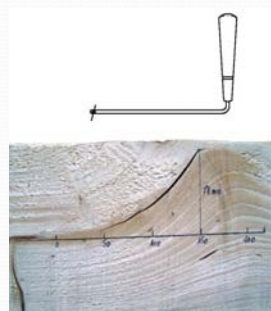


Si  $x = 24 \text{ mm}$  avec  $y = 100 \text{ mm}$  alors pente de fil =  $24/100 = 24\%$

Admis

En local  $\leq \frac{1}{4} = 25\%$

En global  $\leq 1/6$



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 35

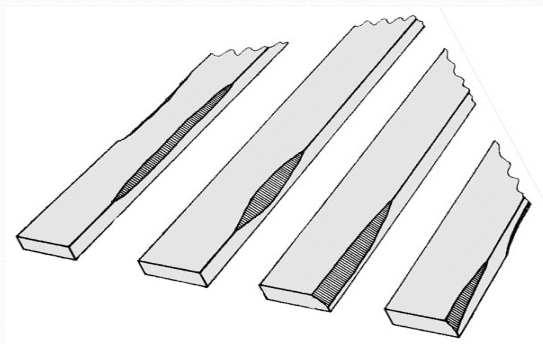
## Fil tors et autres défauts de fil



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 36

## Flaches

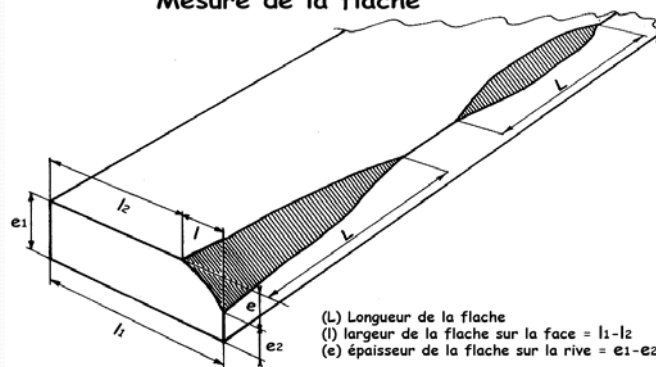
- portion de surface arrondie de la grume (de la bille)  
restant apparente sur le bois scié, avec ou sans écorce



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 37

## Flaches

### Mesure de la flache



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 38

## Flaches

### Dimensions admissibles

Longueur  $\leq 1/3$  de la longueur de la pièce et  $\leq 1\text{m}$

Largeur  $\leq 1/3$  de l'épaisseur de la pièce



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 39

## Altération biologique :

Échauffure et bleuissement (champignons)

Échauffure non admise / bleuissement admis



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 40



## Altération biologique

Insecte : piqûre noire

Admis si les piqûres ne dépassent pas sur l'autre face.



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015

41

## Altération biologique : plantes parasites



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015

42

## Déformations géométriques

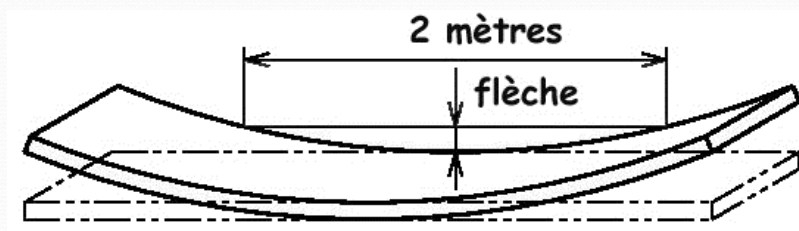
- ✓ En utilisant une règle rigide
- ✓ Mesure sur une base de 2 mètres
- ✓ Déformation mesurée en mm



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 43

## Déformation géométrique : flèche de face

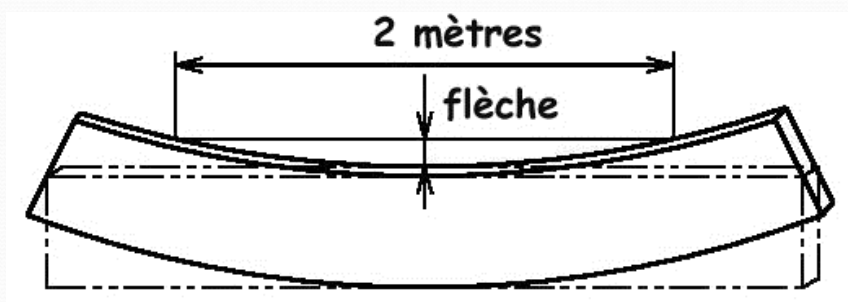
La dimension de la flèche de face est exprimée en millimètres sur une longueur de 2 m pour les pièces de longueur supérieure à 2 m



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 44

## Déformation géométrique : flèche de rive

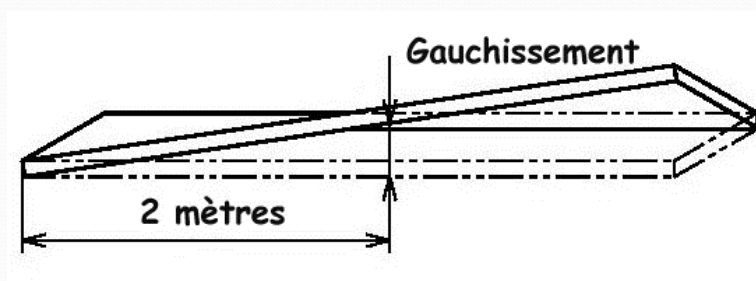
La dimension de la flèche de rive est exprimée en millimètres sur une longueur de 2 m pour les pièces de longueur supérieure à 2 m



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 45

## Déformation géométrique : gauchissement

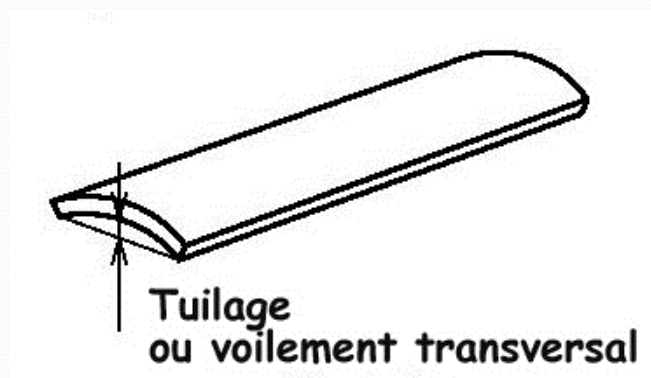
Mesurer la déformation maximale de la surface sur une longueur représentative de 2 m.  
L'exprimer en millimètres ou en pourcentage de la longueur de la pièce.



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 46



## Déformation géométrique : tuilage



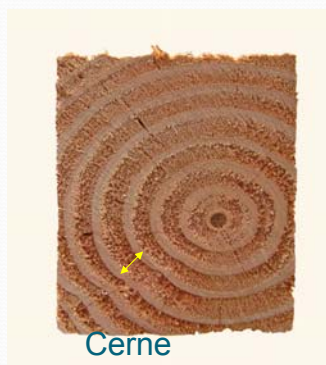
## Déformations géométriques

### Critères d'admissions

Flèche de face	≤ 15 mm pour 2 m
Flèche de rive	≤ 10 mm pour 2 m
Gauchissement	≤ 2 mm / 25 mm de large
Tuilage	Pas de restriction

## Cernes d'accroissement

Sur les résineux, la largeur est un critère de classement visuel : il est défini à partir d'essais mécaniques



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 49

## Défauts dépendant de la fabrication et du conditionnement des sciages

- Non respect des dimensions : Longueur, largeur, épaisseur,
- Sciages abîmés par des chocs de manutention ou un mauvais colisage (cerclage, empilage)
- Taux d'humidité très variable



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 50

### Critères visuels classement Pinus (NC) Sur la base d'une seule classe de structure

Nœud de face	$\varnothing \leq 60 \text{ mm}$ et $\varnothing \leq \frac{1}{2}$ largeur de la pièce
Nœud de rive	$\varnothing \leq 30 \text{ mm}$ et $\varnothing \leq \frac{1}{2}$ épaisseur de la pièce

Nœud de face altéré	$\varnothing \leq 30 \text{ mm}$
Nœud de rive altéré	$\varnothing \leq 20 \text{ mm}$

nœud associé à de l'entre écorce = non admis



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 51

### Critères visuels classement Pinus (NC) Sur la base d'une seule classe de structure

Fentes traversantes	Longueur $\leq 2 \times$ la largeur de la pièce
Fentes non traversantes	$\leq 15\%$ de la longueur de la pièce

Flèche de face	$\leq 15 \text{ mm}$ pour 2 m
Flèche de rive	$\leq 10 \text{ mm}$ pour 2 m
Gauchissement	$\leq 2 \text{ mm} / 25 \text{ mm}$ de large
Tuilage	Pas de restriction



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 52



Critères visuels classement Pinus (NC)  
Sur la base d'une seule classe de structure (suite)

Pente de fil	locale $\leq \frac{1}{4}$ 25% globale $\leq \frac{1}{6}$
Poche résine	$\leq 50$ mm par m $\leq \frac{3}{4}$ de la largeur ou de l'épaisseur sur une longueur maxi de 1 mètre
Flache	Longueur $\leq \frac{1}{3}$ de la longueur de la pièce et $\leq 1$ m Largeur $\leq \frac{1}{3}$ de l'épaisseur de la pièce de la rive

Bleuissement	Admis
Échauffure	Non admis
Entre écorce	Non admis
Tuilage	Pas de restriction



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 53

Merci  
pour votre attention



Classement des bois résineux de structure - Nouvelle Calédonie - Avril 2015 54

# Séchage des bois

Formation **Nouvelle-Calédonie**



Séchage des bois

Avril 2015

1

## Programme de la formation (1)

### 1. Connaissances de base :

- Le bois : propriétés physiques en relation avec le séchage (taux d'humidité, densité, anisotropie, retrait, équilibre hygroscopique)
- L'air : ses caractéristiques, diagramme de l'air humide
- le bois dans l'air : hygroscopie et circulation de l'eau dans le matériau  
facteurs conditionnant le séchage

### 2. Les méthodes et les procédés de séchage du bois (du traditionnel aux technologies émergentes) :

- Sous quelle forme se présente le bois à sécher
- Le séchage à l'air libre, le pré-séchage artificiel
- Les divers procédés (traditionnel, déshumidification, vide, solaire...)
- Les régulations de séchoir (descriptif)
- Les problèmes d'énergie liés aux séchoirs



Séchage des bois

Avril 2015

2

## Programme de la formation (2)

### 3. Pratique du séchage (*comment gagner en temps et en qualité*) :

- Chargement, empilage, baguettage : *parce que la qualité commence par là*
- Etude d'un cycle de séchage : *optimiser le séchage*
- Etablissement d'un programme de séchage : *savoir s'adapter à son bois*
- Fonctionnement des systèmes de régulation : *savoir réagir au bon moment*
- Incidents et défauts de séchage : *parce que le bois est un matériau fragile*

### 4. Aspects économiques du séchage (*chaque projet est spécifique*) :

- Les enjeux économiques du séchage artificiel comparé au séchage naturel
- Les critères de choix technico-économiques d'un séchoir
- Comparaison des différents procédés et des différentes énergies
- Les investissements : *quels matériels chez quels fabricants*
- Le prix de revient du séchage
- Cahier des charges d'achat d'un séchoir, réception du matériel, formation et suivi de la mise en route : bien démarrer pour optimiser rapidement



Séchage des bois

Avril 2015

3

## Programme de la formation (3)

Sur site (SEFCA mercredi après-midi et SEFPM jeudi après-midi) :

- ✓ Visite de l'Unité
- ✓ Utilisation de l'humidimètre :
  - \* Calibrage de la mesure (essence, autres paramètres)
  - \* Mesure des paramètres de l'air (T°C et HR%)
  - \* Variations dans l'épaisseur
  - \* Variations entre planches
  - \* Comparaison par rapport à l'équilibre hygroscopique (bois stabilisés sous abri sur une longue période)
  - \* SEFPM : autres espèces
- ✓ Application des techniques d'empilage : empilage « aux petits oignons »
- ✓ Identification de défauts de séchage

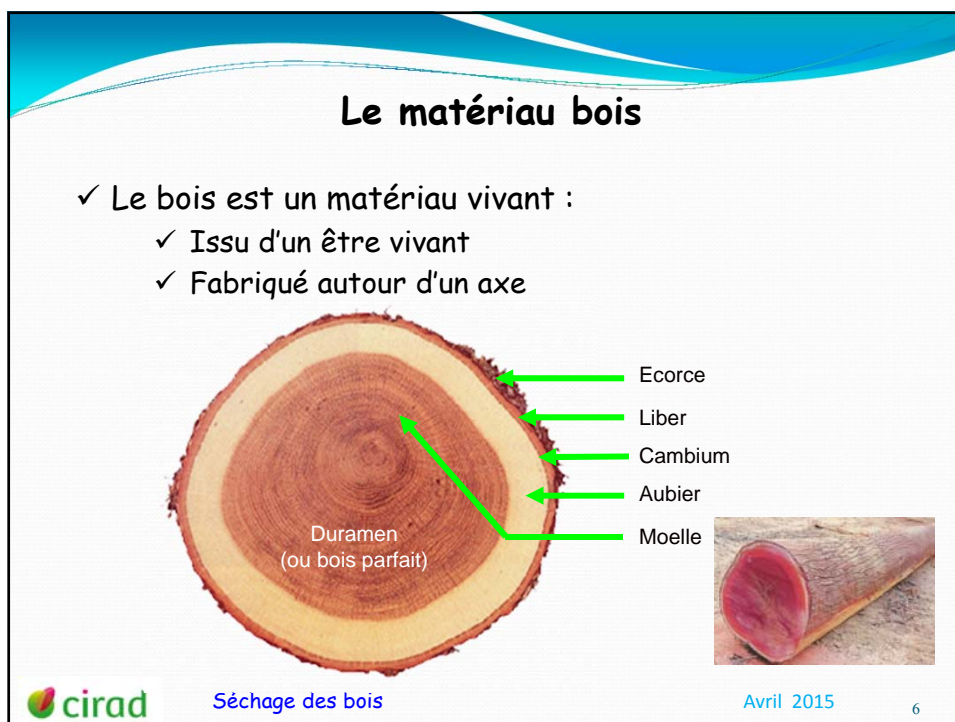
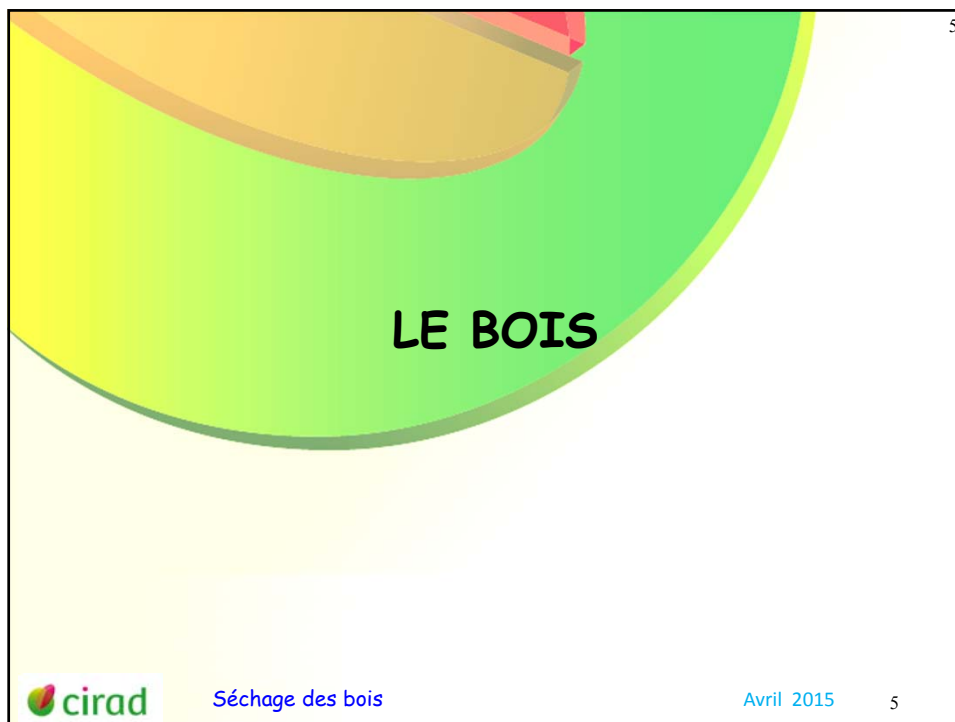


Séchage des bois

Avril 2015

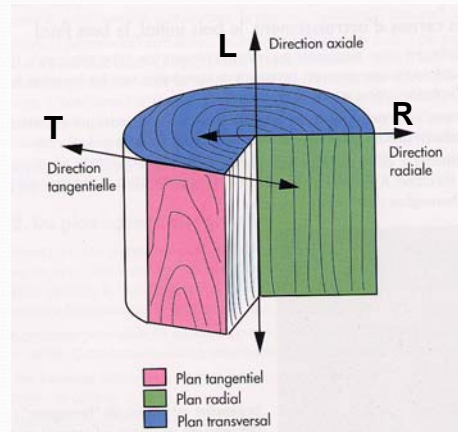
4





## Le matériau bois

✓ Le bois est anisotrope



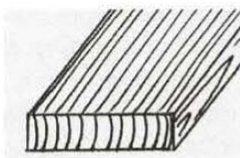
Face tangentielle : bois sur dosse  
Face radiale : bois sur quartier  
Face transversale : bois de bout

## Le matériau bois

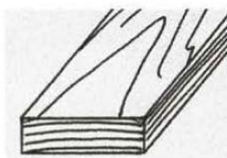
✓ Le bois est anisotrope

Le bois n'a pas les mêmes propriétés dans toutes les directions

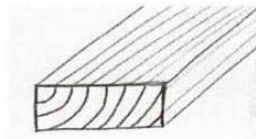
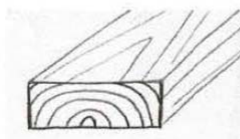
quartier



dosse



Faux quartiers



## Le matériau bois

- ✓ Le bois est anisotrope

quartier



dosse



## Le matériau bois

- ✓ Le bois est anisotrope

quartier



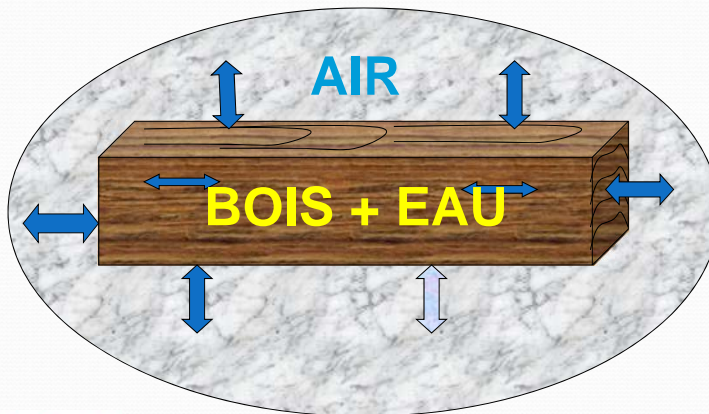
faux-quartier





## Le matériau bois

✓ Le bois est hygroscopique : il perd ou absorbe de l'eau en permanence



Combien de litres d'eau peut contenir 1m<sup>3</sup> de peuplier ?



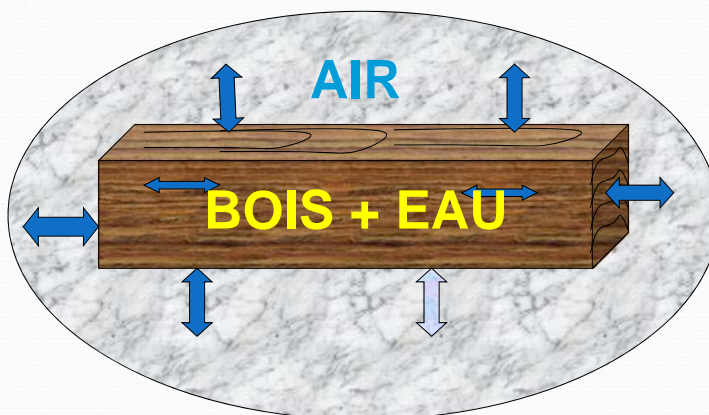
Séchage des bois

Avril 2015

11

## Le matériau bois

✓ Le bois est hygroscopique : il perd ou absorbe de l'eau (vapeur) en permanence



Combien de litres d'eau peut contenir 1m<sup>3</sup> de peuplier ?

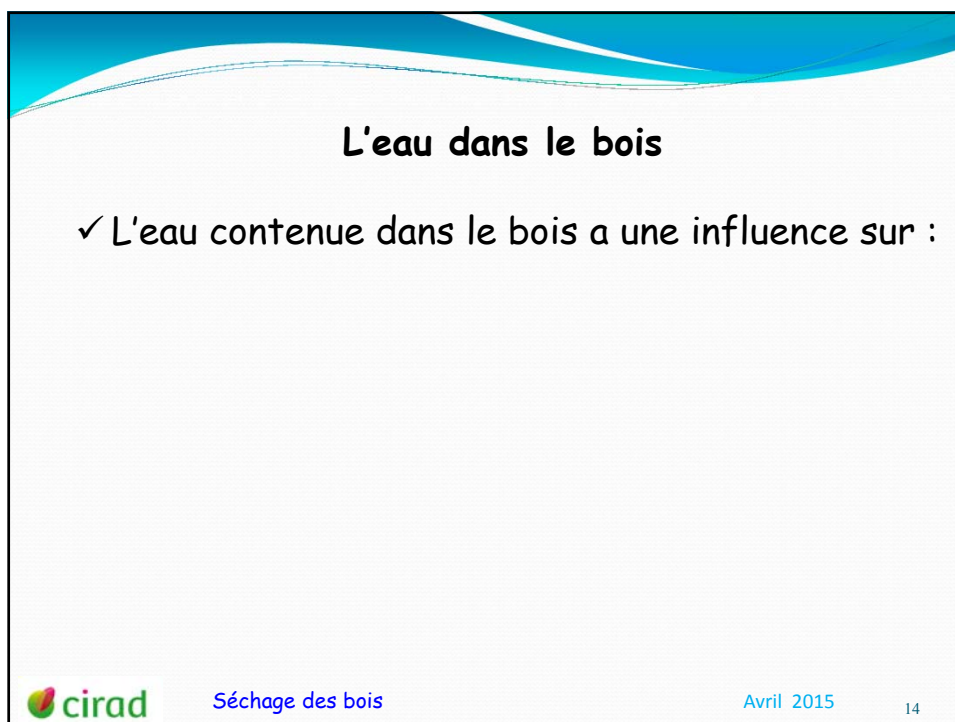
Jusqu'à 800 litres !!



Séchage des bois

Avril 2015

12



## L'eau dans le bois

✓ L'eau contenue dans le bois a une influence sur :

- ✓ Sa densité et ses dimensions
- ✓ Ses caractéristiques mécaniques
- ✓ Ses caractéristiques physiques
- ✓ Son aptitude à l'usinage et au collage
- ✓ Son aptitude à recevoir les finitions
- ✓ Sa résistance aux attaques biologiques
- ✓ Son aspect / Son prix

## L'eau dans le bois

✓ Pour apprécier la quantité d'eau dans le bois, on utilise la grandeur suivante :

✓ Le taux d'humidité (sur anhydre)

$$H\% = \frac{\text{Masse d'eau}}{\text{Masse anhydre}} \times 100 = \frac{Mh - Mo}{Mo} \times 100$$

*anhydre : quand le bois ne contient plus d'eau*

- Attention : H% peut être supérieur à 100%
- L'aubier est généralement plus humide que le duramen
- H% bois tendres > H% bois denses



## L'eau dans le bois

✓ La mesure du taux d'humidité : **2 principales méthodes**

✓ **Par pesée** → besoin d'un four et d'une balance

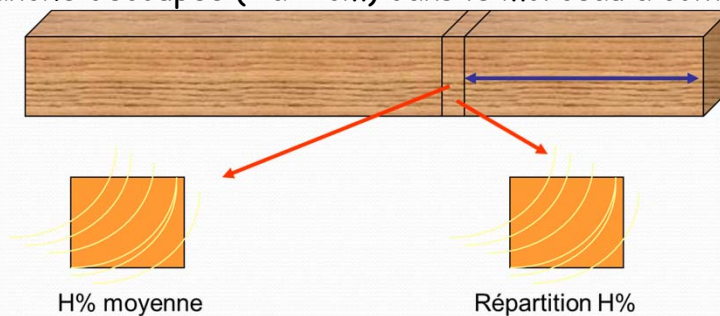
✓ **Méthode électrique**

- ✓ → humidimètre à pointes
- ✓ → Humidimètre à contact
- ✓ → Sondes dans un séchoir

## L'eau dans le bois

✓ **Double pesée** : avant et après séchage anhydre de l'échantillon dans une étuve de dessiccation réglée sur  $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

Tranche découpée (1 à 2 cm) dans le morceau à contrôler



## L'eau dans le bois

### ✓ Mesure par résistivité avec un humidimètre à pointes

On enfonce perpendiculairement au fil du bois 2 électrodes à la profondeur à laquelle on désire connaître l'humidité.

En indiquant sur l'appareil la classe de l'essence et la température du bois, on obtient instantanément la mesure.

Précision fiable pour H% comprise entre 8 et 25 %



Séchage des bois

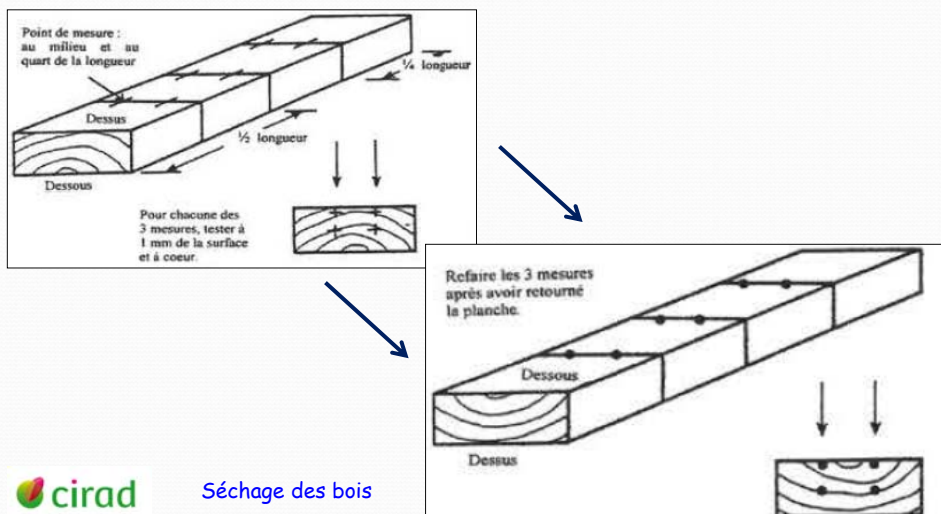


Avril 2015

19

## L'eau dans le bois

### ✓ Mesure par résistivité avec un humidimètre à pointes



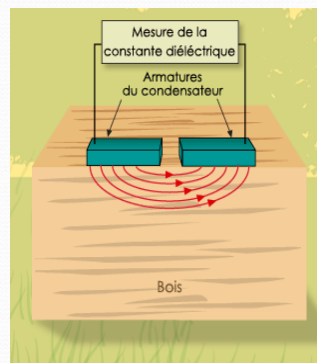
Séchage des bois

## L'eau dans le bois

### ✓ Mesure avec un humidimètre par contact

C'est une mesure par « *constante diélectrique* » du bois. Après avoir choisi la classe de densité du bois, il suffit d'appliquer les électrodes métalliques sur le bois.

→ pour placages et bois sciés minces



## L'eau dans le bois

### ✓ Avantages et inconvénients des deux catégories de méthodes

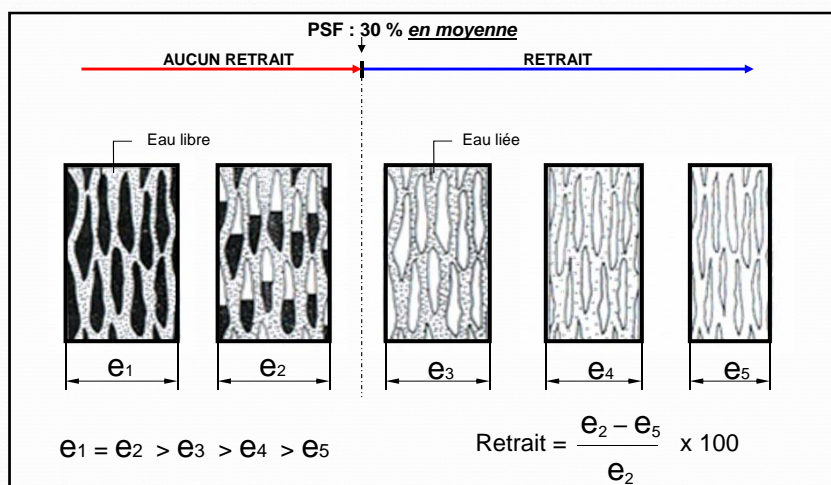
Méthode	Avantages	Inconvénients
Pesée	Résultat précis (c'est la méthode normalisée)	Lente Destructive
Humidimètres	Rapide (Non) peu destructive	Fiable pour des taux d'humidité comprises entre 8 et 25 %



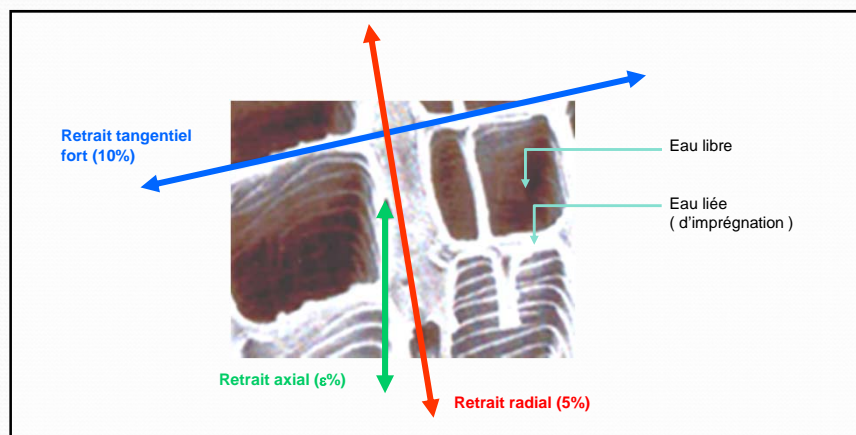
## Comment varie le taux d'humidité du bois

Bois vert, dans l'eau, frais de sciage ou d'abattage	→ $H\% > S\%$ (40% à 200% et +)
Point de saturation	→ $S\% \approx 30\%$
Bois mi-sec (ou « ressuyé »)	→ $S\% > H\% > 22\%$
Bois commercialement sec (A.D.)	→ $22\% > H\% > 17\%$ <i>A.D. : air dried</i>
Bois sec à l'air (A.D.)	→ $17\% > H\% > 13\%$
Bois très sec (K.D.)	→ $13\% > H\% > 9\%$ <i>K.D. : kiln dried</i>
Bois desséché (K.D.)	→ $9\% > H\% > 4\%$
Bois anhydre	→ $H\% \approx 0\%$

## Les eaux dans le bois : retraits de séchage et point de saturation des fibres (PSF)



## Les eaux dans le bois



## Retraits de séchage et PSF moyens du Pinus

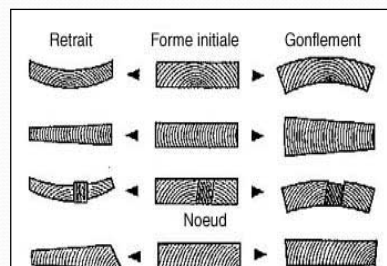
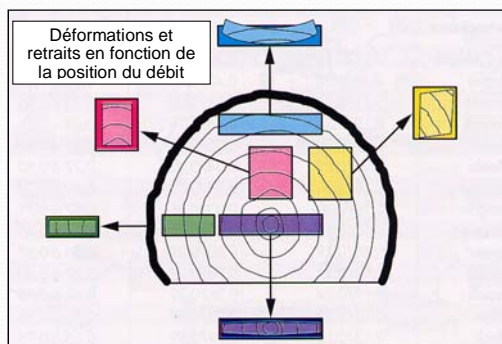
ESSENCE	Densité	Retrait radial total (en %)	Retrait tangentiel total (en %)	Dureté Monnin	Point de saturation des fibres
<b>Pinus Nlle-Cal.</b>	<b>0,65</b> (0,57 à 0,75) bois mi-lourd	<b>5,2</b> (3,2 à 8,3) moyen	<b>7,5</b> (5,7 à 10) moyen	<b>4,5</b> (2,7 à 6,7) mi-dur	<b>28</b> (25 à 31) moyen
<b>Pinus radiata NZ</b> <sup>(1)</sup>	<b>0,45</b> (0,40 à 0,53)	<b>3,9</b> (3 à 5,5)	<b>7,7</b> (6 à 9,5)	-	-
<b>Pinus radiata NZ</b> <sup>(2)</sup>	<b>0,40</b> (coef. de var. : 9%)	<b>3,4</b> (2,5 à 5,5)	<b>7,3</b> (5 à 9)	-	<b>30</b>
<b>Douglas NZ</b> <sup>(3)</sup>	<b>0,44</b> (0,43 à 0,46)	<b>4,7</b>	<b>6,7</b>	-	-

(1) : essais CIRAD sur un lot de bois importé en Polynésie

(2) : *Properties and uses of New Zealand Radiata Pine*, vol. 1 : Wood Properties - Kininmonth & Whitehouse – Forest Research Institute – 1991

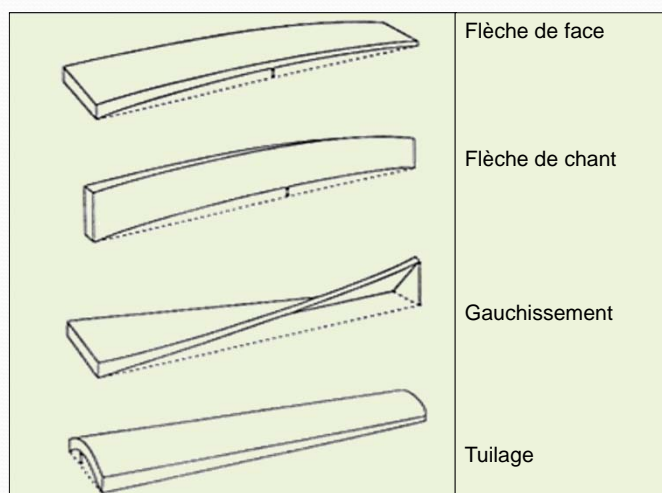
(3) : Oregon Pine, Product Manual – Access Pacific Ltd

## Les effets des retraits de séchage



Quand le bois perd de l'humidité : effets des **retraits**  
 Quand le bois reprend de l'humidité : effets des **gonflements**

## Les effets des retraits de séchage





## Les effets des retraits de séchage



## LE BOIS DANS L'AIR

## Le bois dans l'air

Deux pièces de Pinus, l'une anhydre (n°1) et l'autre « fraîche de sciage » sont laissées indéfiniment longtemps dans une cellule de séchage où les conditions climatiques sont fixes

Quel est le taux d'humidité de  
La pièce n°1 ?

Quel est le taux d'humidité de  
La pièce n°2 ?

Les pièces vont-elles sécher ou vont-elles reprendre de  
l'humidité et vers quelle(s) valeur(s) vont tendre leurs  
taux d'humidité respectifs ?



Séchage des bois

Avril 2015

31

## Le bois dans l'air

Deux pièces de Pinus, l'une anhydre (n°1) et l'autre « fraîche de sciage » sont laissées indéfiniment longtemps dans une cellule de séchage où les conditions climatiques sont fixes

Quel est le taux d'humidité de  
La pièce n°1 ?

H% = 0%

Quel est le taux d'humidité de  
La pièce n°2 ?

Les pièces vont-elles sécher ou vont-elles reprendre de  
l'humidité et vers quelle(s) valeur(s) vont tendre leurs  
taux d'humidité respectifs ?



Séchage des bois

Avril 2015

32

## Le bois dans l'air

Deux pièces de Pinus, l'une anhydre (n°1) et l'autre «fraiche de sciage » sont laissées indéfiniment longtemps dans une cellule de séchage où les conditions climatiques sont fixes

Quel est le taux d'humidité de  
La pièce n°1 ?

H% = 0%

Quel est le taux d'humidité de  
La pièce n°2 ?

H% = 75%

Les pièces vont-elles sécher ou vont-elles reprendre de l'humidité et vers quelle(s) valeur(s) vont tendre leurs taux d'humidité respectifs ?

## Le bois dans l'air

Les deux taux d'humidité vont tendre vers la même valeur que l'on appelle :

\* Humidité d'équilibre du bois

ou

\* Equilibre hygroscopique du bois



## Le bois dans l'air : l'équilibre hygroscopique

✓ L' **équilibre hygroscopique** ou **humidité d'équilibre** du bois est le taux d'humidité vers lequel tend le bois dans des conditions climatiques données qui ne varient pas.

H%<sub>eq</sub> est fonction de deux caractéristiques de l'air :

- la **température** (T°C)
- l'**humidité relative** (Rh%)

## Le bois dans l'air : l'équilibre hygroscopique

Le bois se stabilise à une humidité d'équilibre selon les conditions ambiantes (H% et T°C de l'air).

Exemple :

T° = 36°C et H% air = 65%

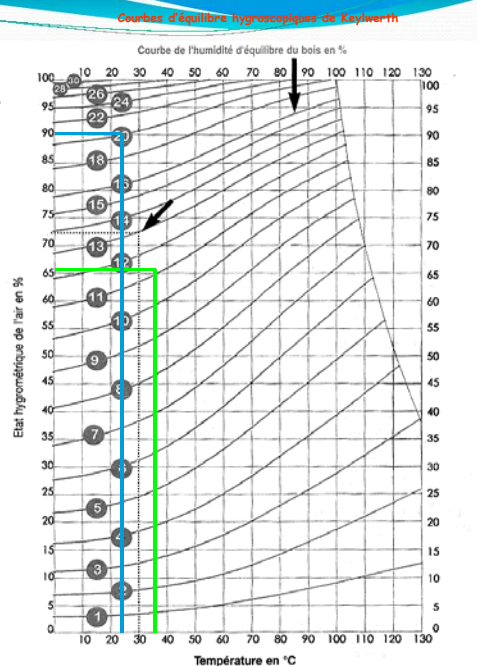
→ H<sub>équilibre du bois</sub> = 11%

T° = 24°C et H% air = 90%

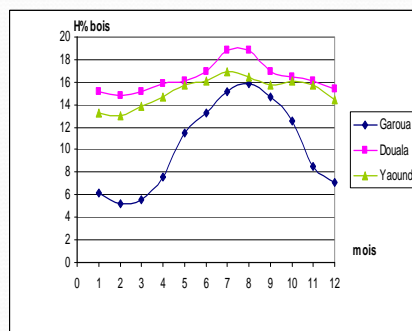
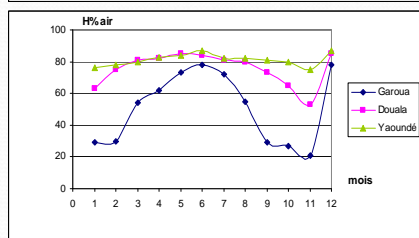
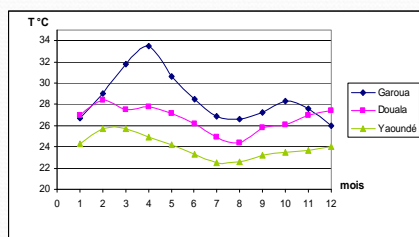
→ H<sub>équilibre du bois</sub> = 20 %

\* Différence suivant régions,  
suivant pays (import / export)

\* Différence suivant air extérieur  
ou air climatisée

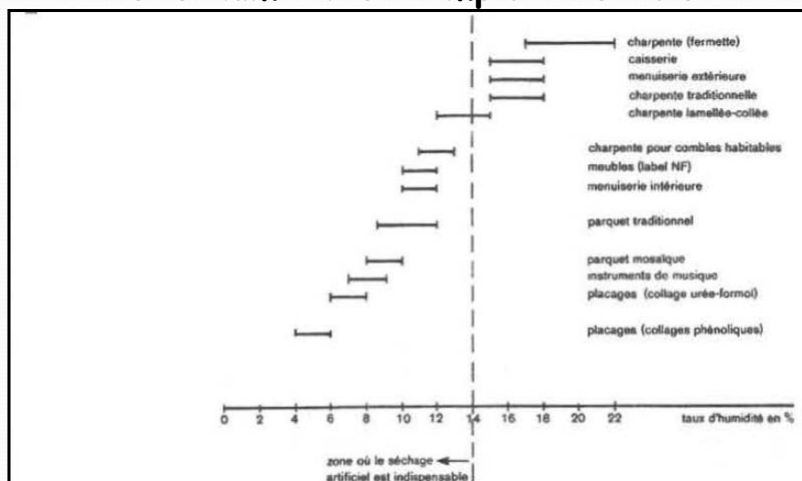


## Le bois dans l'air : l'équilibre hygroscopique



Equilibre hygroscopique du bois au Cameroun en extérieur

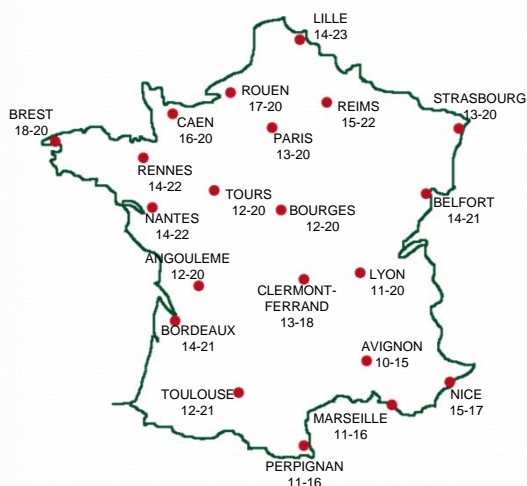
## Les humidités d'emploi des bois



Sur ce diagramme ont été indiqués pour quelques emplois courants des bois les valeurs des humidités auxquelles il faut sécher le bois pour garantir une bonne qualité de travail et éviter un trop grand jeu du bois. En dessous de 14%, il devient nécessaire d'utiliser le séchage artificiel.

## Le bois dans l'air : l'équilibre hygroscopique

### Équilibre hygroscopique des bois



Valeurs moyennes de l'équilibre hygroscopique des bois placés à l'extérieur.

Les chiffres indiquent les deux valeurs moyennes extrêmes sur une année.

## Pourquoi sécher le bois ?



## Pourquoi sécher le bois ?

S'affranchir des problèmes liés à la présence d'eau dans le bois

- Retraits / Gonflements
- Améliorer les caractéristiques mécaniques
- Préserver le matériau vis-à-vis de certains agents d'altération biologique : champignons, insectes.
- Qualité d'usinage
- Permettre le collage et la tenue des produits de finition

## Pourquoi sécher le bois ?

- Fournir des produits de qualité sur des marchés à forte concurrence
- Amener le bois à un équilibre hygroscopique proche de celui de sa future utilisation
- Économie / éviter le transport d'eau

## Choix d'un mode de séchage

Selon les destinations finales des bois, l'artisan ou l'industriel ont le choix du mode de séchage, aux meilleures conditions économiques, de qualité et de temps.

### *Séchage à l'air*

- Constructions extérieures,
- Constructions intérieures rustiques
- Charpentes,
- Coffrage, échafaudage

...

## Choix d'un mode de séchage

### *Séchage artificiel*

- Menuiseries intérieures
- Ébénisterie
- Exportation / selon demandes clients et exigences des marchés

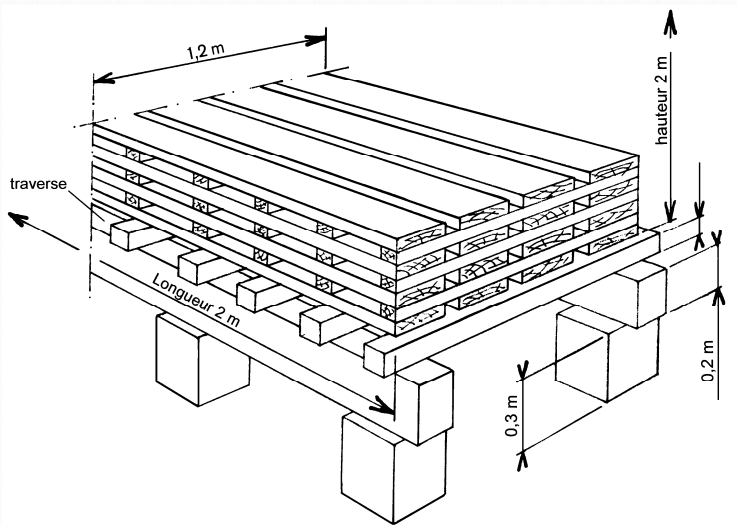
45

# Le séchage à l'air libre


 Séchage des bois

Avril 2015 45

# Séchage naturel



The diagram illustrates a natural wood drying setup. It shows a stack of wood planks, with a 'traverse' (crosspiece) indicated. The dimensions are specified: a length of 1,2 m, a total height of 2 m, and a length of 2 m for the base structure. The base is supported by blocks, with a 0,3 m gap between the blocks and a 0,2 m gap between the blocks and the wood stack.

 Séchage des bois

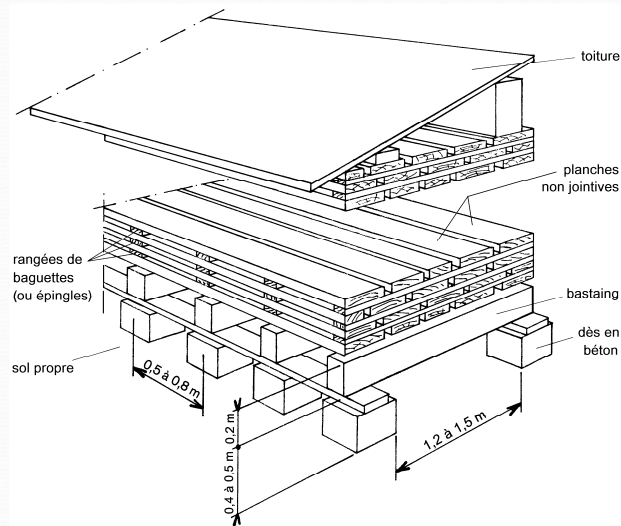
Avril 2015 46



## Séchage naturel

- empilage surélevé, spécialement soigné
- couverture des piles de bois

- orientation des piles en fonction du taux d'humidité des bois et des vents dominants (étude des statistiques météo)



Séchage des bois

Avril 2015

47

## Séchage naturel



Séchage des bois

Avril 2015

48

## Séchage naturel



Juste pour information : séchage vertical  
Séchage des bois



Avril 2015

49

## Séchage naturel : Quelques règles à retenir

- Disposition et orientation des piles
  - \* Orienter les piles de façon à ce que les vents dominants ventilent bien le bois
  - \* Laisser la place suffisante pour manœuvrer avec engin de manutention ou véhicule, ou encore se déplacer facilement entre les piles de bois
- Protection vis-à-vis des éléments naturels :  
soleil et pluie



Séchage des bois

Avril 2015

50

## Séchage naturel

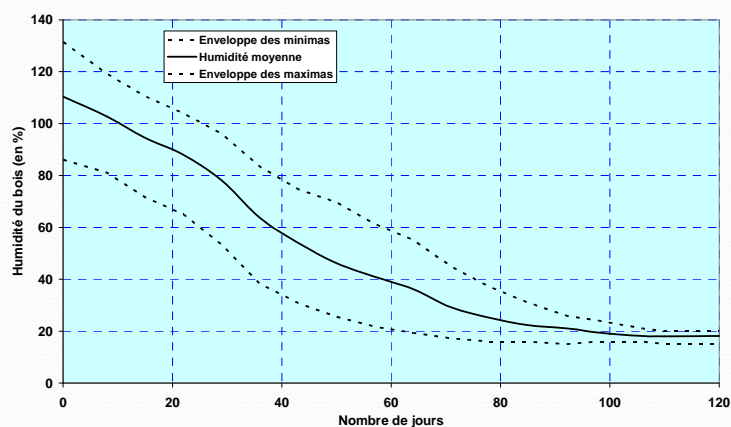
Paramètres qui influencent la durée du séchage naturel sous climat tropical ou subtropical

- La nature du bois : bois tendre / bois dense
- L'épaisseur des sciages
- Le mode de débit (quartier, dosse, faux-quartier)
- Les conditions atmosphériques locales

## Séchage naturel

*Pinus caribaea* et *Pinus elliottii*

Séchage à l'air libre d'avivés de 55 mm d'épaisseur





## Séchage naturel

### *Limites du séchage à l'air*

- Les humidités d'équilibre atteintes par les bois sont trop élevées pour des travaux de menuiserie et ébénisterie en intérieur.
- Risque de dégradation biologique par les insectes et / ou les champignons sur certaines essences.
- Ce type de séchage nécessite des investissements (achat bois + lieux de stockage) qui sont relativement importants pour des professionnels, notamment les artisans (PME).
- Durée du séchage au regard des délais commandes/ livraisons.



### **Séchage artificiel**



Séchage des bois

Avril 2015

53

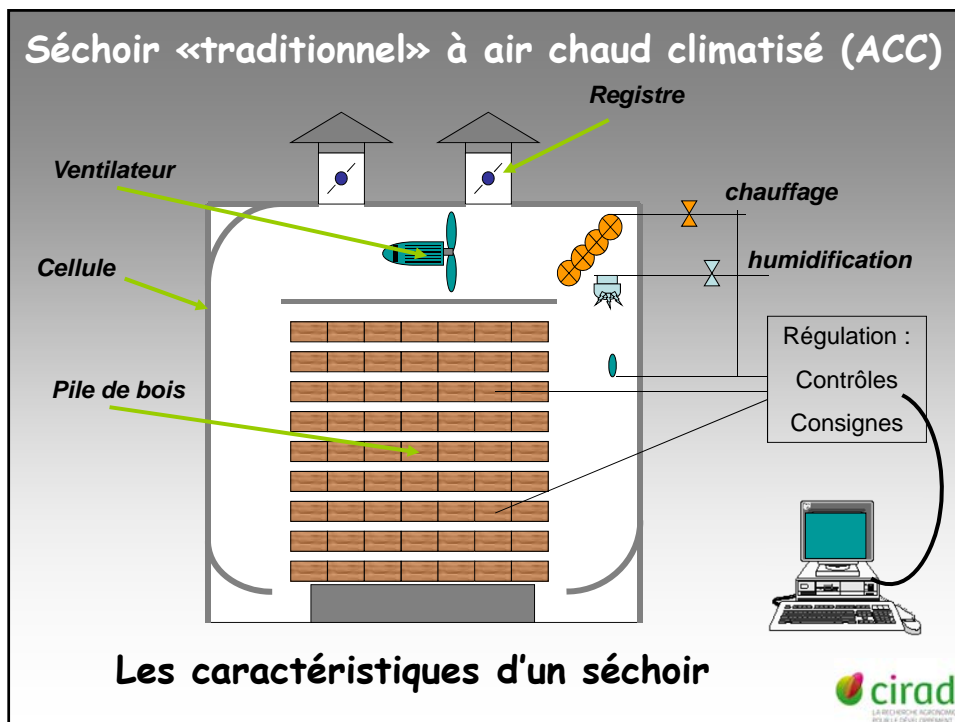
## Le séchage artificiel



Séchage des bois

Avril 2015

54

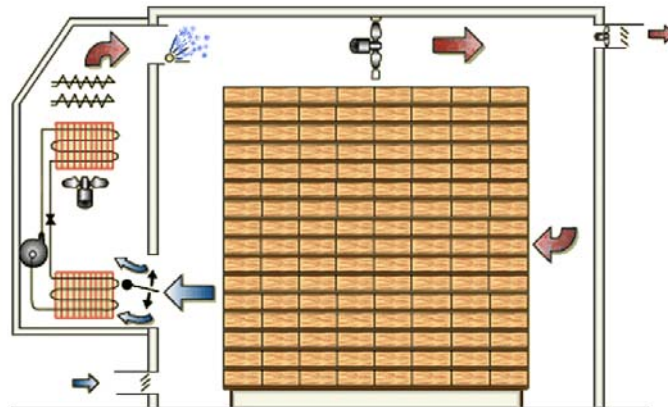


## Les caractéristiques d'un séchoir

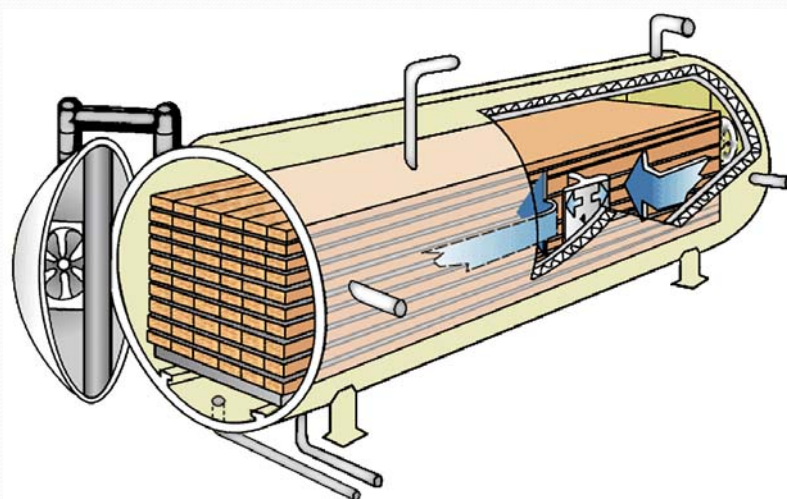
- une cellule isolée et étanche construite en maçonnerie ou en préfabriqué avec par exemple des panneaux sandwich aluminium,
- des éléments de ventilation forcée destinés à accélérer les échanges,
- des éléments destinés à apporter de la chaleur au bois et donc à augmenter la température qui agit sur l'évaporation et la vitesse de diffusion de l'eau,
- des dispositifs permettant de diminuer la température à l'intérieur de la cellule,
- des éléments destinés à évacuer l'eau ainsi évaporée, soit directement sous forme de vapeur, soit après l'avoir condensée,
- des dispositifs d'humidification de l'air de la cellule,
- des dispositifs de régulation de la pression de l'air,
- des organes de mesure et de contrôle,
- des dispositifs de régulation.

**cirad**      Séchage des bois      Avril 2015      56

## Séchoir par déshumidification par Pompe à chaleur (PAC)



## Séchoir sous vide



## Comparaison des procédés de séchage

Critères de choix	Procédés de séchage artificiel		
	Sous vide	Pompe à chaleur	Air chaud climatisé
Essences	Feuillus ++ Résineux +	Feuillus ++ Résineux +	Feuillus ++ Résineux ++
Débîts	Plots – Avivés ++	Plots ++ Avivés ++	Plots ++ Avivés ++
Epaisseurs	Fortes ++ Moyennes ++ Faibles ++	Fortes + Moyennes + Faibles -	Toutes +
Humidités initiales	Etat vert + Ressuyé ++	Etat vert ++ Ressuyé -	Etat vert ++ Ressuyé ++
Humidités finales	Basses ++	Basses -	Basses +
Volume à sécher	Faible à important	Faible à moyen	Moyen à important
Energie « connexes bois »	Oui	Non	Oui
Electricité	Oui	Oui	Oui
Gaz ou fioul	Oui	Non	Oui
Rendement énergétique	+	++	+
Temps de séchage	Très rapide	Plutôt lent	Rapide
++ : très favorable      + : favorable      - : déconseillé ou peu favorable			

## Technologies émergentes

### \* Séchoir solaire

- . Bien développé en Amérique du sud
- . Utilisé en France pour du bois de chauffage
- . Pas mal de systèmes « bricolés »

### \* Séchoir micro-ondes

- . Difficile à mettre au point en mode industriel
- . Matériel coûteux
- . Consommation d'électricité importante



## Les différentes énergies disponibles pour le séchage du bois

Énergie	Avantages	Inconvénients
Connexes bois	<ul style="list-style-type: none"> <li>- économique</li> <li>- élimination des déchets</li> <li>- intéressant pour grosses puissances</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investissements lourds et mobilisation du combustible peu aisée</li> <li>- point sensible : maîtrise des périphériques de la chaudière</li> </ul>
Gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toutes puissances</li> <li>- possibilité de chauffage direct</li> <li>- simplicité d'utilisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- encombrement d'une citerne, sauf si gaz naturel disponible</li> <li>- coût fluctuant</li> </ul>
Fioul	<ul style="list-style-type: none"> <li>- très répandu</li> <li>- toutes puissances</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- encombrement d'une citerne</li> <li>- moins propre que le gaz</li> <li>- coût fluctuant</li> </ul>
Electricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- propre et facile à mettre en œuvre</li> <li>- universelle pour les différents procédés de séchage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- souvent plus coûteuse</li> <li>- mal adaptée à la production d'énergie calorifique pour les puissances importantes</li> </ul>
Bi-énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bien adaptée en complément d'une chaudière à connexes bois par exemple</li> <li>- possibilité d'économies d'énergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installation lourde</li> <li>- plus coûteuse car peu fréquemment utilisée, et investissements importants</li> </ul>

## Les questions d'énergie liées au séchage

**Du point de vue énergétique, le projet est défini par :**

- ✓ Les puissances installées, exprimées en kW/m<sup>3</sup> Cpu
  - thermique (1,5 à 10 kW / m<sup>3</sup>)      Cpu : capacité utile du séchoir
  - électrique (0,4 à 0,6 kW / m<sup>3</sup>)
  
- ✓ Les consommations d'énergie exprimées en kWh / m<sup>3</sup> Q
  - (ou en MWh/an)
  - thermique (300 à 400 kWh / m<sup>3</sup>)
  - électrique (60 à 200 kWh / m<sup>3</sup>)

## Les questions d'énergie liées au séchage

### Energie thermique consommée au cours du séchage

pour sécher  $V \text{ m}^3$  / an de bois, il faut fournir l'énergie suivante :

$$E = V \times M_0 / V_s \times [(H_i\% - H_f\%) / 100] \times r$$

E : énergie en kWh    V : volume de bois à sécher en  $\text{m}^3$

$M_0 / V_s$  : masse volumique basale du bois ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )

$H_i\%$  : taux d'humidité initial du bois (avant séchage)

$H_f\%$  : taux d'humidité final du bois (après séchage)

r : ratio de séchage (fonction de l'essence et de l'épaisseur) ( $\text{kWh} / \text{l}$  ou  $\text{kg}$ ) .



1 à 1,5

Séchage des bois

Avril 2015

63

## La conduite du séchage



Séchage des bois

Avril 2015

64

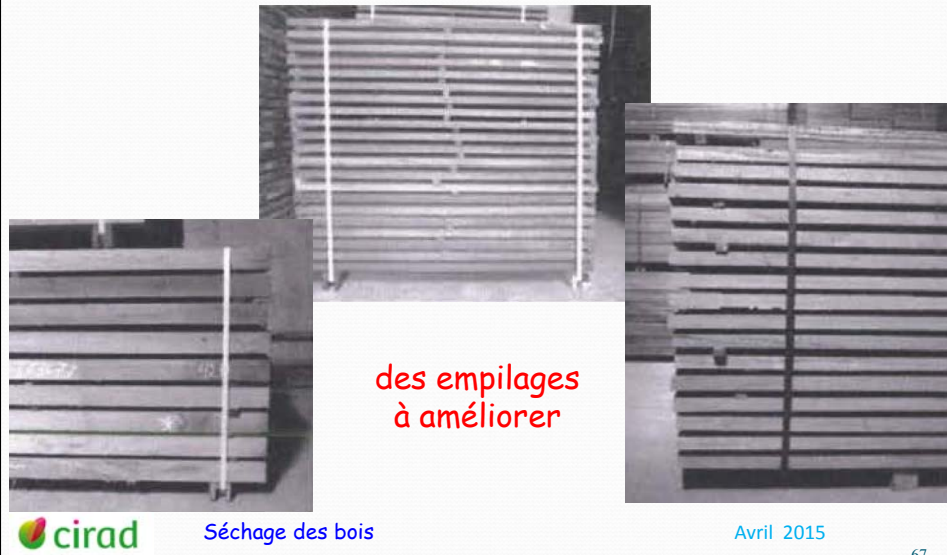
## Empilage - baguettage

- ✓ Les baguettes doivent avoir une épaisseur en rapport avec l'épaisseur des bois,
- ✓ Leur largeur doit être suffisante pour ne pas «poinçonner» les bois tendres mais pas trop importante afin d'éviter le risque de taches (moisissure locale),
- ✓ Des baguettes de section carrée sont le plus souvent utilisées (20 x 20 ; 27 x 27 mm),
- ✓ Les baguettes doivent être sèches et saines,
- ✓ Il vaut mieux les fabriquer dans une essence la plus neutre possible du point de vue chimique (exemple : pin sylvestre).

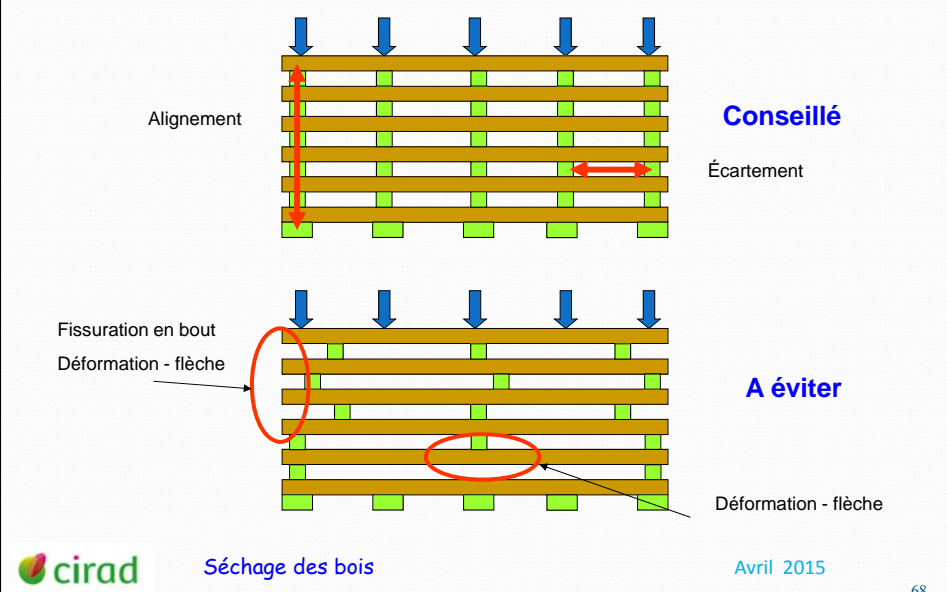
## Empilage - baguettage

- ✓ L'écartement des rangées de baguettes est en rapport avec l'épaisseur des planches,
- ✓ Les baguettes doivent être bien alignées les unes au-dessus des autres,
- ✓ Chaque rangée de baguettes doit reposer sur un chevron à la partie inférieure de la pile,
- ✓ La dernière rangée de baguettes doit être le plus près possible de l'extrémité de planches.

## Empilage - baguettage



## Empilage - baguettage





## Empilage - baguettage

### Séchage naturel

Épaisseurs des débits (mm)	Épaisseurs des baguettes (mm)	Écartement des baguettes (cm)
20 à 37	25	40 à 50
38 à 44	30	50 à 60
45 à 63	35	60 à 80
64 à 100	40	80 à 100

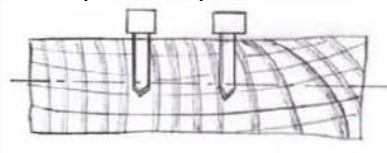
## Empilage - baguettage

### Séchage artificiel

Épaisseurs des débits (mm)	Épaisseurs des baguettes (mm)	Écartement des baguettes (cm)
Jusqu'à 30	18 à 20	40 à 60
De 30 à 55	20 à 27	60 à 100
De 55 à 80	27 à 35	80 à 150
Plus de 80	35	100 à 150

## Mise en place des sondes

- Prévoir des trous de perçage plus petits que le diamètre des sondes à l'aide d'un gabarit.
- Enfoncer la pointe des sondes au moins jusqu'à cœur ; la tête des sondes ne doit pas toucher le bois (laisser 1 à 2 mm).
- Mettre les sondes dans les bois de cœur, perpendiculairement au fil du bois et sans traverser le bois, avec un écartement de 2,5 cm environ. Si possible dans les planches sur quartier.
- Mettre les sondes en priorité dans les piles au milieu du séchoir en évitant la première pile et si possible la deuxième.



## Optimisation du chargement

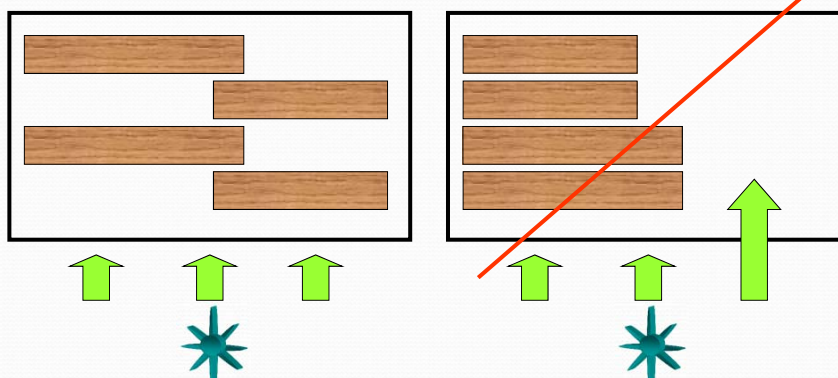
### Remplissage de la cellule :

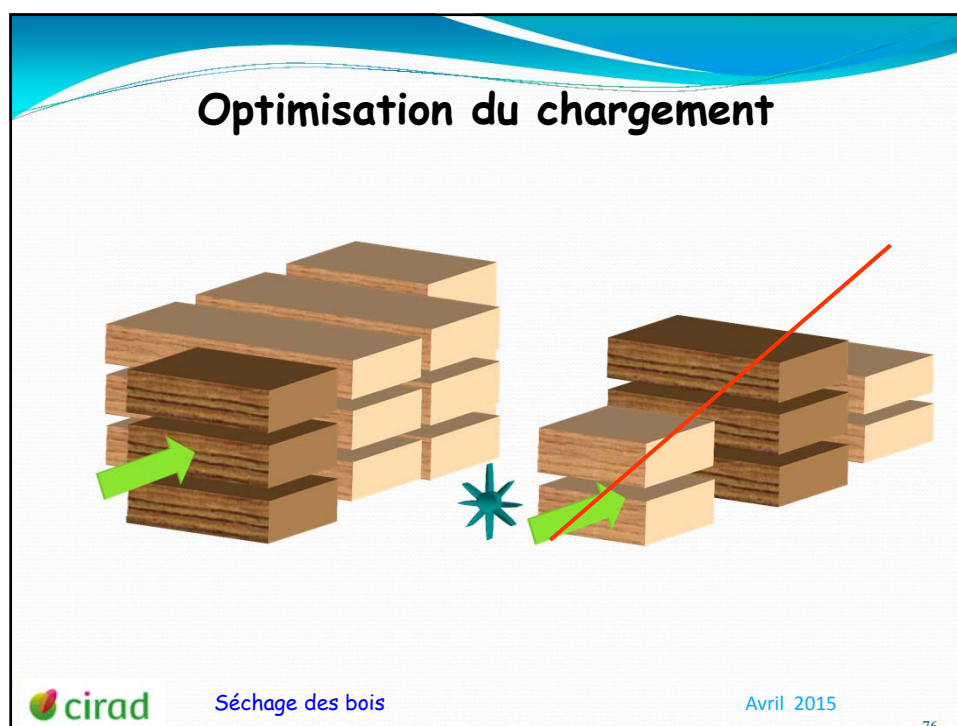
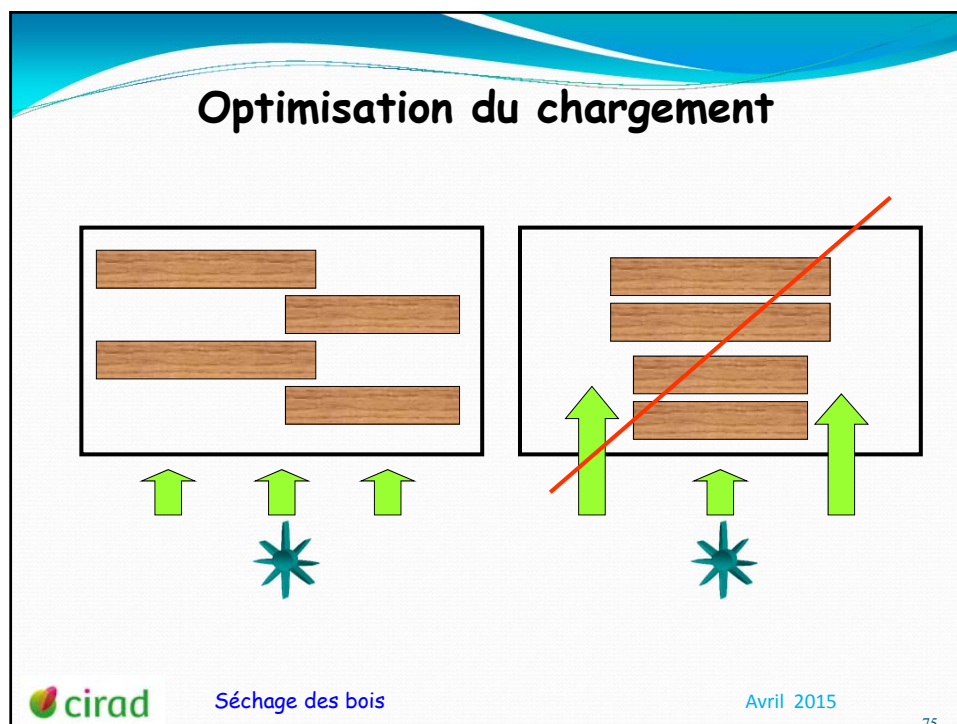
- \* Lot le plus homogène possible en dimensions, débits, épaisseurs et essences (l'idéal une essence - une épaisseur)
- \* Mélange d'essences possible mais avec des bois qui se « ressemblent » (densité...)
- \* Regroupement d'épaisseurs possible mais épaisseurs les plus proches. Appliquer le cycle pour le plus épais.
- \* Répartition des piles au mieux dans la largeur et la hauteur de la cellule.

## Optimisation du chargement

- Mettre les bois les plus humides au fond ou sur le devant du séchoir; laisser les bois les plus secs au milieu de la cellule
- En cas de mélange d'épaisseurs, mettre les épaisseurs les plus faibles au milieu de la cellule
- Positionner les paquets de bois en alternant les piles pour éviter les couloirs de courant d'air
- Constituer le chargement aussi haut que possible, juste en dessous du faux plafond

## Optimisation du chargement







## Le cycle de séchage

- Pré - chauffage 1
- Pré - chauffage 2 (chauffage à coeur)
- Séchage 1 ( $H\% > PSF$ )
- Séchage 2 ( $H\% \leq PSF$ )
- Equilibrage ou stabilisation
- Refroidissement

## Exemple d'un programme de séchage

PROG		V %	$\frac{h}{h}$	$\frac{h}{h}$	D (h)	HR	T °	HE
S 1	Préchauffage 1	49	02	15			55	16.0
S 2	Préchauffage 2	80	03		03		57	15.0
S 3	Séchage 1	99	07			> 50	60	14.2
		99				50 - 40	60	13.3
		99				40 - 35	60	12.1
		85				35 - 30	60	11.5
S 4	Séchage 2	80	07			30 - 27	62	10.0
		70				27 - 24	63	8.4
		60				24 - 21	65	7.0
		55				21 - 18	65	6.3
		50				18 - 15	68	5.2
		49				15 - 12	68	4.7
		49				12 - 09	70	4.2
		49				09 - 06	70	3.9
S 5	Equilibrage	49	03		06		63	
S 6	Refroidissement	70	02	05			48	

79

# Les défauts de séchage

 Séchage des bois

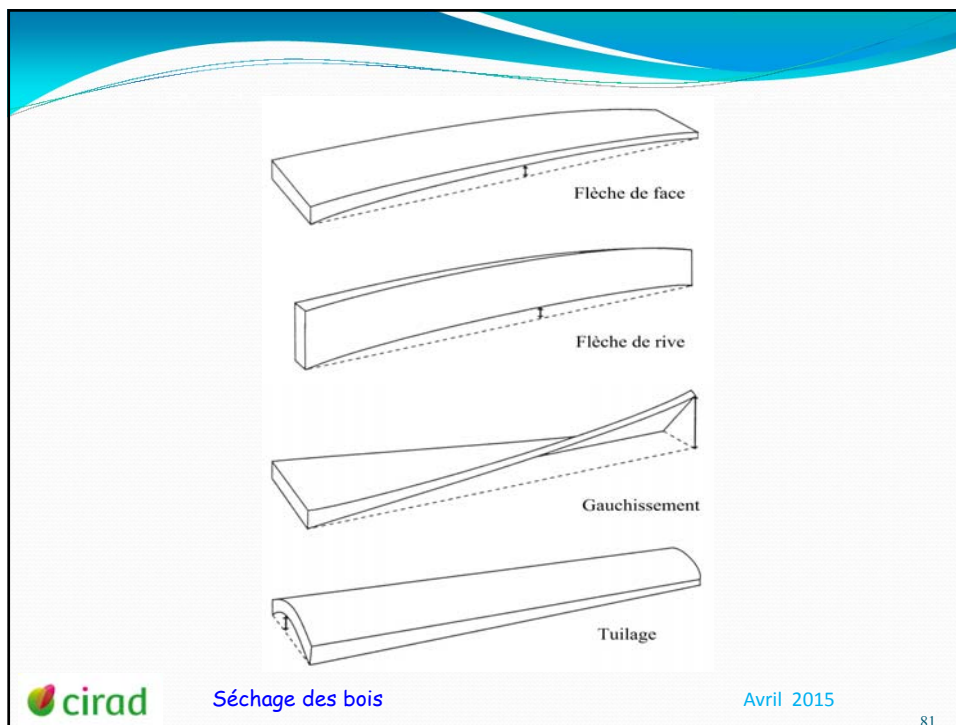
Avril 2015 79



# Fentes de surface

 Séchage des bois

Avril 2015 80



## Autres défauts de séchage

➤ **Cémentation**

Blocage dû à un dessèchement trop intense en surface.

➤ **Inégalités de répartition de l'humidité**

Défaut d'équilibrage entraînant des déformations lors de la refente ou l'usinage des planches.

➤ **Coloration et discoloration**

Taches apparaissant pour certaines essences, séchées dans un air trop chaud et trop humide.

La discoloration est provoquée par l'oxydation des tannins ; des taches foncées apparaissent en surface et pénètrent de façon irrégulière vers l'intérieur du bois.

Bleuissement, poche d'eau, **exsudation de résine**

## Aspects économiques du séchage



## Les enjeux économiques du séchage artificiel

- Ajout d'une plus-value au bois
- Réduction des stocks
- Diminution de la masse à transporter
- Souplesse et réactivité commerciales optimum
- Reprise de parts de marchés
- Réponse aujourd'hui à une demande croissante

## Aspects économiques du séchage artificiel

Chaque projet est spécifique  
et demande une  
attention particulière

**\* Les 4 groupes de critères de choix technico-économiques d'un séchoir**

- 1 - Les bois à sécher
- 2 - L'énergie
- 3 - Les moyens de manutention et de chargement
- 4 - L'environnement et le contexte

## 1. Les bois à sécher

- \* Feuillus ou résineux, ou bien, feuillus et résineux
- \* Essences
- \* Spécificités : provenances, mélanges, qualités...
- \* Dimensions : e, l, L
- \* Dimensions des colis
- \* Types de débits
- \* Taux d'humidité initial, final
- \* Quantités à sécher

## 2. L'énergie

Énergie	Avantages	Inconvénients
Connexes bois	<ul style="list-style-type: none"> <li>- économique</li> <li>- élimination des déchets</li> <li>- intéressant pour grosses puissances</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investissements lourds et mobilisation du combustible peu aisée</li> <li>- point sensible : maîtrise des périphériques de la chaudière</li> </ul>
Gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toutes puissances</li> <li>- possibilité de chauffage direct</li> <li>- simplicité d'utilisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- encombrement d'une citerne, sauf si gaz naturel disponible</li> <li>- coût fluctuant</li> </ul>
Fioul	<ul style="list-style-type: none"> <li>- très répandu</li> <li>- toutes puissances</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- encombrement d'une citerne</li> <li>- moins propre que le gaz</li> <li>- coût fluctuant</li> </ul>
Electricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- propre et facile à mettre en œuvre</li> <li>- universelle pour les différents procédés de séchage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- souvent plus coûteuse</li> <li>- mal adaptée à la production d'énergie calorifique pour les puissances importantes</li> </ul>
Bi-énergie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bien adaptée en complément d'une chaudière à connexes bois par exemple</li> <li>- possibilité d'économies d'énergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installation lourde</li> <li>- plus coûteuse car peu fréquemment utilisée, et investissements importants</li> </ul>

### 3. Les moyens de manutention

Pour rentabiliser le plus possible le matériel de séchage investi, il faut pouvoir charger et décharger rapidement le séchoir, l'idéal étant de réaliser cette opération en temps masqué.

- Chargement par chariot élévateur
- Chargement par wagonnet
- Séchoir déplaçable

### 4. L'environnement et le contexte

- Emplacement du séchoir
- Le personnel
- Les nuisances occasionnées
- Les obligations administratives



## Comparaison économique des différents procédés

critères	ACC	PAC	SsV
Prix (€ / m <sup>3</sup> Cpu)	800 à 1 500	950 à 1 800	8000 à 11 000
Génie Civil	dalle isolée + muret	dalle isolée + muret	simples plots + dalle ou plots sous rails
Branchements	thermique + élect.	électrique	électrique
Transport / déchargement	standard	standard	convoi exceptionnel + grue
Montage	aide + matériel	aide + matériel	simple mise en place
Démarrage	comparable (inclus dans le prix du matériel)		
Formation	conseillée (budget formation professionnelle)		
Conduite / maintenance	Comparable (100 heures / an)		
Matériel d'entretien	comparable (1% de l'investissement / an)		
Main d'œuvre chargement / décht	dépend surtout du type de débits (5 à 15 € / m <sup>3</sup> )		



Séchage des bois

Avril 2015

91

## Répartition des investissements

Investissement total et frais annexes par rapport au prix du séchoir :

- le **séchoir** lui-même : 65% à 80%
- le **génie civil** : 7% à 20%
- les **raccordements** : 5% à 15%
- les **frais divers** : 5% à 15%

(transport, montage, démarrage, études, maîtrise d'œuvre, ...)

Investissement total : **100%**



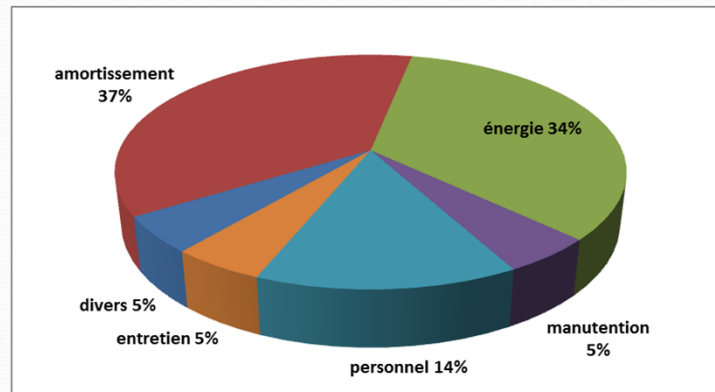
Séchage des bois

Avril 2015

92



## Elaboration du prix de revient



**Attention : le prix de revient augmente considérablement si le séchoir est sous-utilisé (taux d'occupation < 80%)**

## Procédure globale d'achat d'un séchoir

1. Cahier des charges d'achat du séchoir
2. Comparaison des offres fournisseurs
3. Commande du séchoir
4. Réception du matériel fourni monté
5. Formation du personnel
6. Suivi de la mise en route
7. Suivi à distance des premiers cycles

